

Міністерство освіти і науки України

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧІ СИСТЕМИ ТА
ПЛАНУВАННЯ
В ЛОГІСТИЦІ МАТЕРІАЛЬНИХ ПОТОКІВ**

Навчальний посібник
для студентів вищих навчальних закладів
зі спеціалізації «Інженерія логістичних систем»

За загальною редакцією проф. Григорова О.В.

Видання 2-ге, доповнене і виправлене

*Рекомендовано
Вченою Радою НТУ «ХПІ»*

Харків
НТУ «ХПІ»
2019

УДК 658.7: 656

I 74

Рекомендовано Вченою Радою НТУ «ХПІ» як навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Інженерія логістичних систем» протокол № 6 від 24 травня 2019 р.

Рецензенти:

Є. С. Венцель, д-р.техн.наук, проф.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет;
Н.М. Фідровська, д-р.техн.наук, проф.,
Харківська Українська інженерно-педагогічна академія

Авторський колектив:

<i>Григоров О.В.</i> , д.т.н., професор;	<i>Стрижак М.Г.</i> , к.т.н., доцент;
<i>Аніщенко Г.О.</i> , к.т.н., доцент;	<i>Окунь А.О.</i> , к.т.н., ст.викладач
<i>Петренко Н.О.</i> , к.т.н., професор;	<i>Турчин О.В.</i> , к.т.н., асистент
<i>Стрижак В.В.</i> , к.т.н., доцент;	

О.В. Григоров

I 74 Інформаційно-керуючі системи та планування в логістиці матеріальних потоків: навч. посібник / О. В. Григоров, Г. О. Аніщенко, Н.О. Петренко та ін. – Харків: НТУ «ХПІ», 2019. – 496 с.

ISBN _____

У навчальному посібнику розглянуті властивості та принципи побудови інформаційно-керуючих логістичних систем для забезпечення запланованого руху матеріальних потоків. Висвітлюються питання планування як важливого аспекту удосконалення організаційно-господарської діяльності підприємства шляхом керування запасами.

Призначено для студентів денної і заочної форми навчання спеціальності 131 «Прикладна механіка», зокрема спеціалізації «Інженерія логістичних систем», аспірантів та інженерів.

УДК 658.7: 656

© Авторський колектив, 2019

© НТУ «ХПІ», 2019

ISBN _____

ВСТУП

У пропонованому навчальному посібнику авторами узагальнено досвід кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання» НТУ «ХПІ» в області інформаційно-керуючих систем, набутий при виконанні держбюджетних та госпдоговірних науково-дослідних робіт та втіленні їх у виробничу практику. Науково-дослідні роботи виконувалися за завданнями Харківського заводу ПТО, Олександрійського заводу ПТО, Донецького заводу ПТО, Санкт-Петербурзького заводу ПТО, Харківського експериментального заводу ПТО, Клайпедського порту, Харцизького сталєво-дротового заводу, Узловського машинобудівного заводу, заводу «Ржевбашкран», Санкт-Петербурзького ЦКБ баштових кранів, ВНДІПТМАШ. При цьому інформаційно-керуючі системи створювались для мостових, порталних, баштових та групи мостових кранів. Окремі системи створювались і діють дотепер у лабораторії кафедри ПТМ і О. Такі, як оптимальне за швидкодією керування мостовим грейферним краном, оптимальне за швидкодією керування електроталлю з електромеханічним та частотним приводом вантажопідйомністю 0,5 т, гідростатичний привід механізму пересування, гідростатичний привід механізму підйому вантажу, гідродинамічний привід механізму пересування візка мостового крана, привід з частотним керуванням механізму підйому та повороту крана на колоні вантажопідйомністю 5 т. На натурних кранах в умовах виробництва випробувались інформаційно-керуючі системи, де записувались на осцилограф або ноутбук різноманітні параметри, такі як потужність, споживана і рекуперована електродвигуном у різноманітних пуско-гальмівних режимах, швидкість, прискорення, вага вантажу, тиск у системі, крутний момент, кут відхилення вантажного каната та ін. з використанням сучасної інформаційно-керуючої техніки при дослідженні регульованих гідростатичних, гідродинамічних, частотних приводів.

Великий досвід здобутий також авторами на стажуваннях у відомих наукових центрах, таких як Магдебурзький, Дрезденський, Дортмундський, Мішкольцький університети, Петрошанський університет (Румунія), Фраунхоферінститут логістики (Дортмунд), Фраунхоферінститут виробничих процесів та автоматизації (м. Магдебург, Німеччина).

Навчальний посібник призначений для студентів денної і заочної форм навчання спеціальності 131 «Прикладна механіка», зокрема спеціалізації «Інженерія логістичних систем», аспірантів та інженерів. Посібник складено відповідно авторами: проф., докт. техн. наук Григоров О. В. (підрозділи 1.1÷1.3, 1.7, 1.9, 3.3), доц., канд. техн. наук Аніщенко Г. О. (підрозділи 1.4; 1.5, 2.1, 2.2, 3.4), проф., канд. техн. наук Петренко Н. О. (підрозділи 2.3, 2.4, 2.7), доц., канд. техн. наук Стрижак В. В. (підрозділи 1.6, 2.8, 3.2), доц., канд. техн. наук Стрижак М. Г. (підрозділи 2.5, 2.6, 3.1), старший викладач, канд. техн. наук Окунь А. О. (підрозділ 1.10, 2.9), асистент, канд. техн. наук Турчин О. В. (підрозділ 1.8).

При підготовці цього навчального посібника ми використовували роботи відомих німецьких фахівців у техніці матеріальних потоків, таких як Рейнхард Юнеман, Міхаел Шенк, Фрідріх Краузе, Дітріх Цимс, а також угорських фахівців Йошка Челені та Бела Іллеш, матеріали останніх ІТ конференцій у сфері «інтернету речей», віртуальної та доповненої реальності, захисту інформації від кібератак.

Друге видання цієї книги доповнено підрозділами 3.3 «Великі дані (Big Data)» та 3.4 «Машинне навчання (Machine learning)» за матеріалами міжнародних ІТ конференцій, що пройшли у вересні 2017 та 2018 років у м. Києві за участі представників США, Великобританії, Німеччини, Турції, України та ін.

1. ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧІ СИСТЕМИ (ІКС)

1.1. Вступ

Інформація, як і товари, енергія, засоби виробництва й люди, належить до об'єктів логістики. Часто відомості мають якісний характер. Відповідно вони позначаються як довідки, відомості, повідомлення, роз'яснення й сформульовані інструкції [1]. Інформація, як правило, пов'язана з товарами, які проходять через підприємство у транспортному ланцюзі, тобто з матеріальним потоком, або її одержують безпосередньо від засобів виробництва у процесі виготовлення й матеріального потоку. Інформація може в часі випереджати матеріальний потік, бути синхронізована з ним або йти слідом за ним [1]. Виникаючий потік інформації іменують *інформаційним потоком*. Цей інформаційний потік може бути *відділений* від матеріального потоку або *пов'язаний* з ним (рис. 1.1).

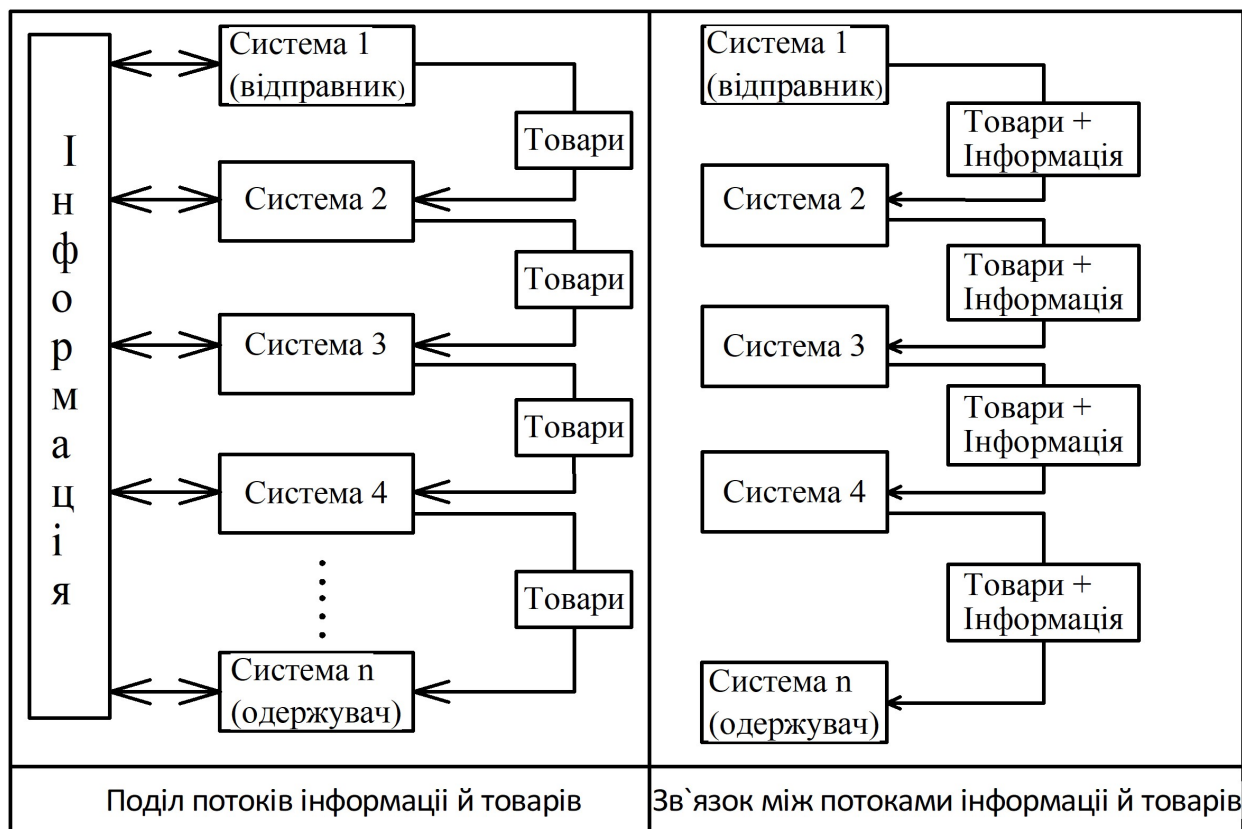


Рис. 1.1. Потік інформації, пов'язаний і не пов'язаний з товарами

Дані – це квантифікована інформація, і її можна представити знаками. До даних відносять також сигнали керування при застосуванні в системах керування. Із цих даних можна знов-таки одержати інформацію. Для цієї мети часто застосовують стискання і обробку даних.

За допомогою даних або інформації, отриманої зі стислих і оброблених даних, можна із залученням так званих *засобів інформаційного потоку* побудувати потік інформації усередині й поза підприємством. Серед засобів інформаційного потоку можна залежно від основної мети розрізняти чотири методи:

- *методи реєстрації даних;*
- *методи перенесення даних;*
- *методи обробки й оцінення даних;*
- *методи видачі даних.*

Дані й інформація потрібні для *планування, керування й нагляду* за матеріальними потоками, людьми, енергією й інформацією у підприємстві. Після процесів реєстрації, стискання й оцінення дані переходять прямо в процеси прийняття рішень. Інформація й пов'язаний з нею інформаційний потік набувають у рамках адміністрування інформації все більше значення.

Дамо декілька пояснень щодо виникнення терміну «логістика» і коротку історію розвитку цієї науки – логістики.

1.2. Визначення поняття «інформація».

Коротка історія логістики

Слово *Логістика* етимологічно має грецький корінь:

- логос (розум);
- логісмос (розрахунок, міркування);
- логістика (мистецтво практичного рахунку);
- логістикос (розраховуючи, логічно міркуючи);
- логізомай (розрахунок, міркування);
- лого (думати).

Це поняття протягом сторіччя вважалося науковим математичним поняттям або спеціальною формою *Символічної логіки* (і, або, ні) Лейбніца (1646–1716) і Буля (1715–1864).

У військовій області поняття «логістика» знову з'являється тільки в 1830 р. Швейцарець Антуан-Анрі барон де Жоміні,

генерал французької армії, що перебував пізніше на російській службі, увів поняття логістики у військові науки й одночасно поставив його поруч зі стратегією й тактикою. При цьому Жоміні взяв за основу корінь німецько-французького слова *loger* (розквартируватися) і утворив похідне слово від *marechal des logis* (квартирмейстер). У логістику він включив організаторські й командні заходи, за допомогою яких пізніше генеральний штаб перетворить рішення воєначальника у дійсність.

Однак у європейській військовій науці поняття «логістика» спочатку не простежується й знову згадується після перекладу записок Жоміні на англійську мову – наприкінці XIX століття в американській військовій літературі як *Логістика*. В 1884 р. Американський інститут військового флоту вводить це поняття для керування флотом і його постачанням.

Із цього моменту логістика все більше розуміється як сума всіх видів діяльності й службових послуг для підтримки збройних сил. Основою логістики стає правильний попередній розрахунок потреб, потенціалу, простору й часу військового підрозділу для перемоги над можливим супротивником. У сьогоденні збройних силах також уведене це поняття, так що логістика визначається як «Надання й застосування допоміжних джерел держави для підтримки воєнних операцій» [10, с.365].

У 1955 р. в Америці у публікації «Нотатки про формулювання теорії логістики» теоретичні міркування про логістику були вперше перенесені в економіку.

Товариство інженерів з логістики (SOLE) в 1974 р. визначило логістику в такий спосіб: Логістика – це мистецтво й наука менеджменту, техніки й технічних видів діяльності, що займається вимогами, плануванням, постачанням і підтримкою допоміжних засобів для підтримки цілей, планів і операцій.

Службова інструкція Німецьких збройних сил у 1967 р. визначила логістику в такий спосіб: Логістика – це наука про планування, надання й застосування засобів, необхідних для військових цілей і службових послуг, і застосування цієї науки.

У німецькій виробничо-економічній літературі перші публікації з логістики з'явилися в 1970, 1972 і 1973 роках.

Ключовим питанням цих публікацій була логістика в області маркетингу.

В 1974 р. у ході роботи 1-го Європейського конгресу з матеріального потоку на основі знань роботи з комп'ютерами, системотехніки й нових методів планування щодо логістики було сформульовано таке:

Після того як логістика зайняла тверде положення в збройних силах і арміях багатьох країн, варто аналогічним способом розглянути всі проблеми простору, часу, постачання й видалення на промислових підприємствах і в народному господарстві країни. У промисловій логістиці варто розглянути не тільки процеси матеріального потоку, але й інформаційний потік і дані у системах людина – машина або машина – машина для найрізноманітніших пересічних у просторі й часі процесів у промисловості, торгівлі й підприємствах з надання службових послуг.

Уперше таким визначенням процесів матеріального потоку на підприємстві й при його формуванні, плануванні, керуванні й нагляді були повністю інтегровані в логістику. Цим було завершено необхідне поширення логістики на технічні компоненти, поряд з економікою виробництва.

Тим часом було впроваджено, з огляду на застосування, систематичний поділ на військову логістику, лікарняну логістику, логістику підприємств і т.д.

Логістика опирається на три важливих опори (рис. 1.2):

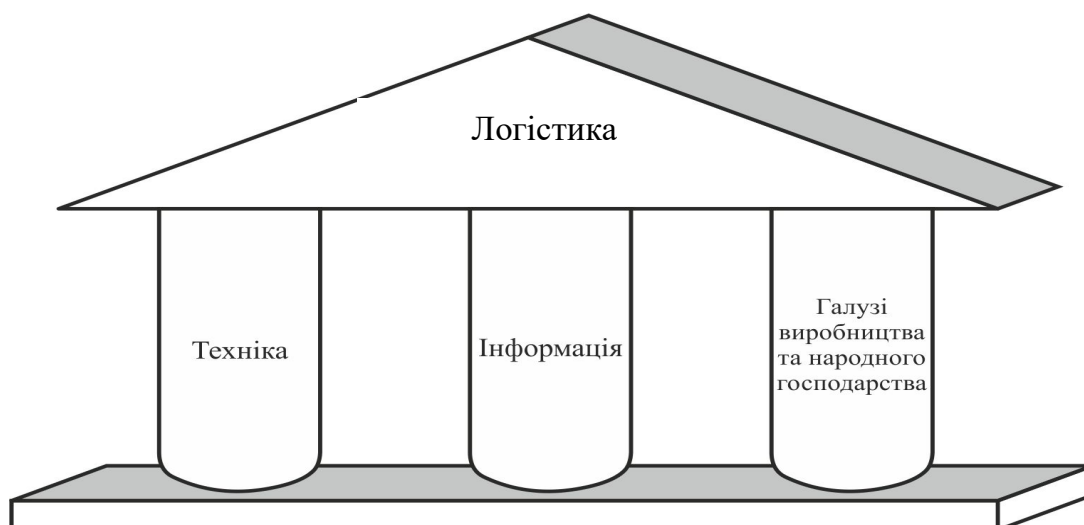


Рис. 1.2. Три опори логістики

- техніка (у першу чергу потік матеріальних елементів як технічні компоненти);
- інформатика (у першу чергу потік елементів інформації як технічні компоненти);
- виробництво й народне господарство (у першу чергу економічні компоненти).

Велінням часу є цілісне логістичне мислення й дія в системах. Тому названі вище опори варто розглядати як інтегральне ціле. Так, уже в 1974 р. була пред'явлена вимога про включення аспектів логістики в навчальні плани університетів, що було реалізовано тільки в 80-ті роки.

1.3. Визначення понять

Використані важливі поняття варто визначити й пояснити з погляду професійного змісту й із залученням діючих норм і інструкцій.

Кібернетика – це наука, що за допомогою комунікативної інформації керує (або регулює) способом дії всіх можливих структурованих динамічних систем.

Термін «кібернетика», що походить від грецького «кібернетике» – мистецтво керування, введений після Другої світової війни, охоплює сьогодні операції, що частково доповнюють такі професійні області, як дослідження, технічні системи, керуюча й регулююча техніка, аналіз вартостей і логістика. Окремі методичні робочі засоби цих часткових областей є гетерогенними, формальна логіка й математика подають при цьому тільки загальну допомогу.

Логістика – це наука про планування, керування й нагляд (контроль) за потоками матеріалів, людей, енергії й інформації в системах.

У цьому сенсі системами, в яких логістика відіграє значну роль, можуть бути промислові, торгівельні підприємства, організації з надання логістичних послуг, сільськогосподарські й лісотехнічні підприємства, лікарні, банки, електростанції, підприємства водопостачання, органи влади, домашнє господарство, державна залізниця, державна пошта, експедиції, збройні сили для оборони держави, підприємства всесвітнього масштабу, народне господар-

ство однієї або декількох держав (економічні співтовариства), світове господарство в цілому й т.д.

Логістика підприємства – це наука про планування, керування й нагляд за потоками матеріалів, людей, енергії й інформації на підприємстві.

Відповідно можуть бути визначені й виробнича логістика для виробничих підприємств, торговельна логістика для торговельних підприємств, транспортна логістика для транспортних підприємств, лікарняна логістика для лікарень і т.д.

Народногосподарська логістика – це наука про планування, керування й нагляд за потоками матеріалів, людей, енергії й інформації в народному господарстві однієї держави, декількох держав (державні або економічні співтовариства) і світового господарства в цілому.

Логістична система – це будь-яка система, що складається щонайменше із двох окремих елементів – предметів логістики, призначена для виконання завдань планування, керування й нагляду в системах.

Логістичні процеси викликають у рамках процесу трансформації зміни стану системи предметів логістики з погляду часу, місця, кількості, складу і якості.

Предметами логістики або матеріального потоку можуть бути:

- товари (матеріали, речовини);
- люди (біологічні об'єкти);
- інформація;
- енергія;
- техніка матеріального потоку (під технікою матеріальних потоків тут, серед предметів логістики, розуміють також транспортні засоби для перевезення товарів і пасажирів);
- засоби виробництва (до засобів виробництва зараховують також, наприклад, енергогенераторні установки);
- техніка інформаційного потоку (за аналогією з матеріальним потоком засоби виробництва інформаційного потоку надалі позначаються як техніка інформаційного потоку);
- інфраструктура (будинки, площі, шляхи).

Предметами логістики є дискретні одиночні елементи або підсистеми, які утворюють найрізноманітніші логістичні системи

й багатогранні комбінації, найчастіше з ієрархічною структурою, і взаємодіють у логістичних процесах. Загалом, серед таких предметів логістики можна розрізняти *об'єкти*, які змінюються у процесі трансформації (товари, люди, інформація, енергія), і ті, які служать *робочими засобами* (засоби удосконалення потоку матеріалів, засоби виробництва, засоби удосконалення потоку інформації) разом з необхідною *інфраструктурою* (будинки, площі, шляхи й т.д.), і викликають зміну у системах.

В першому розділі даної книги подані товари (матеріали, речовини), які розглядаються як *штучні товари* («єдиний товар, що утворює одиницю»).

Відповідно всі тверді тіла різних розмірів, які є сипучим товаром, рідиною або газом, запаковані в пакувальний матеріал, усі запаковані товари (DIN 55405 у вигляді пакувальних місць (упакувань) або одиниць вантажу (поняття «одиниця вантажу» тут є синонімом одиниці складування, транспортної одиниці, виробничої одиниці або одиниці збірного штучного товару). Поняття транспортної одиниці надалі, на відміну від звичайного слововживання, визначено в підйомно-транспортній техніці аж до навантажувальних засобів і перед навантаженням їх необхідно досліджувати відповідно до центра ваги. Сипучі товари, рідини й гази дуже часто перетворюються у товари з безперервним процесом матеріального потоку і логістичні. На відміну від них штучні товари не завжди піддаються дискретним процесам (з підрахунком, з орієнтацією на події).

У кожен матеріальний потік входить супровідна *інформація*, наступна або навіть попередня й використовується для керування або регулювання, а також для адміністративних завдань (виписування рахунків-фактур, реєстрація й т.д.). Інформація у формі даних знаходиться на стаціонарних або мобільних носіях, сприймається відповідними датчиками й виробничими пристроями реєстрації даних (BDE), транспортується по інформаційних мережах, обробляється в комп'ютері й видається через вихідні пристрої, принтер. Потоки інформації, навіть без матеріального потоку, є складовою частиною багатьох логістичних систем.

Енергія генерується для виконання логістичних дій, транспортується й використовується й, як і людина, займає особливе місце. Енергія та людина можуть використовуватися як

оператори, або самі логістичні процеси можуть бути використані як операнди.

Особливу роль відіграють *транспортні засоби*. Вони можуть *змінювати* як товари (матеріал), так і людей у процесі трансформації, відповідно вони приймають участь у потоках матеріалів і людей.

Особливий статус мають також *засоби виробництва* у промисловому підприємстві. Як виробничі засоби, застосовані у виробничому процесі, вони впливають на процес створення вартості на промисловому підприємстві. Залежно від галузі це можуть бути, наприклад, верстати або хімічні установки. Для оптимізації логістичних дій їх потужність і продуктивність мають бути узгоджені із засобами обробки матеріального й інформаційного потоку.

Процеси матеріального потоку і логістичних процесів вбудовані в *інфраструктуру*. Вона складається з мереж і означає створення будівельної інфраструктури (будинки, площі, шляхи й т.д.).

Якщо предмети логістики зазнають в системах вплив логістичних процесів, виникає *логістична дія*. Це дуже складна величина, і вона не піддається єдиному й загальнозначущому визначенню. У цьому випадку було використано математичний вираз, що підрозділяє логістичні дії на такі категорії:

- підготовка логістичних виробничих факторів;
- проведення логістичних процесів;
- подолання просторових і тимчасових розбіжностей;
- забезпечення доступності ресурсів.

Можливими доцільними вираженнями для оцінки, що піддається розрахунку, були прийняті висловлення про економічність різних логістичних систем.

Потім усі квантифіковані системи, які піддаються розрахунку, наприклад, інвестиції й виробничі витрати, були піддані оціненню на базі розрахунку рентабельності. Щоправда, це вимагає трудомісткого обліку і витрат для всіх часткових систем і альтернатив. При цьому в логістичних системах, наприклад, виробничого підприємства, продуктивність створення товарів, процеси матеріального потоку, а також попередні й наступні процеси можуть бути розраховані по-різному. Поряд з

визначенням розмірів установок і кількості персоналу варто встановити такі системні логістичні показники: терміни, час проходження, компоненти, шляхи, розмаїтість частин, термін служби, якість і т.д.

Не квантифіковані величини, як наприклад, організація виходу й прозорість матеріального потоку, можуть бути піддані суб'єктивному оціненню за допомогою аналізу практичної суб'єктивної вартості. *Показники* й використання банків даних можуть через кілька років надати подальшу допомогу в оціненні альтернативних систем. Однак у цей час ще існують труднощі при визначенні наскрізних витрат для всіх часткових систем матеріального потоку, областей логістики й менеджменту.

Матеріальний потік – це об'єднання в єдиний ланцюг усіх процесів при одержанні, обробленні й переробленні, а також при розподілі товарів усередині певних областей.

Транспортний ланцюг – це послідовність взаємозалежних технічних і організаційних процесів, за допомогою яких люди або товари переміщуються від джерела до мети.

На додаток до поняття «матеріальний потік» було встановлено:

Процеси матеріального потоку викликають у рамках процесу трансформації зміни стану системи товарів (матеріал, речовини) з точки зору часу, місця, кількості, складу і якості.

Система матеріального потоку – це система щонайменше із двох окремих елементів предметів матеріального потоку, які в рамках процесу трансформації викликають зміну стану системи товарів (матеріал, речовини) з точки зору часу, місця, кількості, складу і якості.

Техніка матеріального потоку – це наука про технічну розробку, конструювання, побудову, методи роботи й оформлення систем матеріального потоку.

Стосуються матеріального потоку такі важливі функції (операції) або робочі процеси:

- *обробка* (згідно з VDI 3300) – це процес, при якому виріб (сировина, деталь) приводиться у стан, більш близький до того, у якому він має покинути підприємство);
- *випробування* (згідно з VDI 3300) – будь-який контрольний процес (вимір, підрахунок, зважування й т.д.) у ході матеріального потоку);

- *упакування* (згідно з DIN 55405);
- *складування* (перебування, амортизація, складування) (під цим розуміється кожне коротке або більш тривале перебування товарів);
- *просування* (згідно з DIN 30781);
- *транспортування* у процесі руху (згідно з DIN 30781. Частина 1);
- *навантаження – розвантаження* (згідно з VDI 2860).

Крім того, існують важливі робочі операції, що відбуваються у матеріальному потоці:

- *утворення вантажних одиниць*;
- *комплектування* (згідно з VDI 3590);
- *монтаж* (VDI 2860);
- *навантаження й розвантаження або перевалка* (згідно з DIN 30781 і VDI 2360).

Після цього техніка матеріального потоку відповідно до часткових областей повинна бути віднесена до таких дисциплін: технологічне устаткування, технологія, пакувальна техніка, складська техніка, технологія переміщення, транспортна техніка, вантажно-розвантажувальна техніка, комплектувальна техніка, монтажна техніка й техніка перевантаження.

Розходження між техніками матеріального потоку й логістики полягають у тому, що техніка матеріального потоку повинна бути прирівняна до *науки* про потік товарів. Таким чином, вона охоплює розробку, планування, виробництво й підтримку в справному стані технічних компонентів (машинобудування, електротехніка) логістики. Завдання планування й керування в логістиці професійно вирішуються електротехнічними засобами й застосуванням інформатики. Особливе значення тут завжди мають нові, більш ефективні апаратура й програми й застосування математичних методів розрахунку (статистика, евристика, моделювання).

Постановка виробничо-економічних завдань покладена на функції нагляду й контролю на базі розрахунку витрат і ефективності та на організацію побудови й закінчення.

Інформатика – це наука про структуру й спосіб обробки інформації за допомогою допоміжних технічних засобів. Вона займається, зокрема, поданням і переробкою прикладної

інформації, використовуючи технічні функції сучасних комп'ютерів. При цьому вона прагне розробити перехід від особливостей окремого застосування, до абстрактних основних і різнобічно застосовних знань і методів.

Інформатика – це наука, що займається питаннями розробки, побудови, конструювання, технології й оформлення інформаційних систем.

Логістична інформаційна система – це взаємне розташування й зв'язок інформації із засобами інформаційного потоку й з іншими предметами логістики для виконання завдань планування, керування й нагляду в системах.

Інформаційний потік як логістичний процес викликає в рамках процесу трансформації зміну стану інформації в інформаційній системі.

До інформаційного потоку входять такі функції й робочі операції:

- введення й видача даних;
- транспортування даних;
- обробка даних (упорядкування, підготовка, керування, розпорядження);
- накопичення даних (завідування).

Подано кілька понять іноземного походження, які будуть нам зустрічатися в подальшому:

LAN (Local Area Network) – локальна комп'ютерна мережа;

WAN (Wide Area Network) – глобальна комп'ютерна мережа

BDE (Betriebsdatenerfassung) – збір виробничих даних;

CAL (Computer-aided Logistic) – засоби автоматизованого планування логістичних потоків;

CIM (Computer Integrated Manufacture) – використання комп'ютерної техніки для керування виробничим процесом;

CAM (Computer-aided Manufacturing) – засоби автоматизації технологічної підготовки виробництва;

CIL (Computer Integrated Logistic) – використання комп'ютерної техніки для керування логістичними потоками;

PPS (Produktionsplanungs- und Steuerungssystem) – система планування та керування виробництвом;

CAO (Computer-aided Office) – засоби автоматизації документообігу;

CAP (Computer-aided Planning) – засоби автоматизації планування технологічних процесів;

CAQ (Computer-aided Quality) – засоби автоматизації контролю якості;

CASE (Computer-aided Software Engineering) – засоби автоматизації створення програмного забезпечення;

CAC (Computer-aided Calculation) – засоби автоматизованого розрахунку;

CAD (Computer-aided Design) – засоби автоматизованого проектування;

CAE (Computer-aided Engineering) – засоби автоматизації інженерних розрахунків, аналізу і симуляції фізичних процесів;

LIS (Logistikinformations und Steuerungssysteme) – логістична система інформації та керування;

PDT (Programmierbaren Datenträger) – програмований носій інформації;

OCR (Optical Character Recognition) – механічне або електронне переведення зображень рукописного, машинописного або печатного тексту в текстові дані;

LED (Light Emitting Device) – світловипромінювальний елемент (світлодіод);

CCD (Charge Coupled Device) – пристрій із зарядовим зв'язком;

ISDN (Integrated Services Digital network) – цифрова мережа з інтегрованими службами;

RAM (Random Access Memory) – пам'ять з довільним доступом;

EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) – постійна пам'ять, яка допускає перезапис (програмування);

SPS (Speicherprogrammierbare Steuerung) – програмований логічний контролер;

PZC (Point of Zero Charge) – точка нульового заряду;

MDE (Mobile Datenerfassung) – мобільний носій інформації.

1.3.1. Інформаційна логістика

Формування й розвиток інформаційної інфраструктури логістичної діяльності, а також керування інформаційними потоками на основі використання відповідних технологій утворюють

область, що визначається як *інформаційна логістика* [2].

По суті інформаційна логістика є частиною логістичної системи, що відіграє інтегративну роль і яка складається з п'яти основних елементів:

1. Інформації – сукупності даних, представлених у структурному вигляді.
2. Інформаційних технологій.
3. Засобів обробки, зберігання й видачі інформації.
4. Засобів одержання й передачі інформації, у тому числі засобів зв'язку.
5. Комплексу завдань, що вимагають вирішення.

Перший і другий елементи (інформація й інформаційні технології) утворюють певну підсистему, що одержала назву – *інформаційне забезпечення*.

Третій і четвертий елементи утворюють *інформаційну інфраструктуру*.

Необхідно підкреслити, що для інформаційної логістики наявність усіх п'яти елементів є обов'язковою. Якщо відсутній хоча б один з елементів, то відсутня сама інформаційна логістика, що проявляється через відповідну систему. У той же час виділення в інформаційній логістиці окремих елементів і їхнє варіантне синтезування здійснюється в певній мірі умовно, як правило, на теоретичному й аналітичному рівнях. У практичній же діяльності спостерігається їхня глибока інтеграція (тісне переплетіння, взаємодія й взаємозалежність), характер якої визначає кінцеві результати функціонування всієї логістичної системи.

Інформаційна логістика, її стан і характер принципово є визначальним чинником не тільки побудови логістичних ланцюжків з просування відповідних потоків (матеріальних, грошових, енергетичних та ін.), але й формування всіх логістичних підсистем. Без інформаційної логістики є неможливим ефективний контроль над здійсненням основних і допоміжних логістичних процесів, нереальна також обґрунтована інтеграція різних функціональних підсистем діючого комплексу.

У рамках кожної організаційної структури можуть мати місце підрозділи функціонального характеру: система зберігання й переробки, транспорт, виробництво, сервіс, інформаційне

забезпечення й т.д. – усі ці компоненти в тому або іншому вигляді присутні в будь-якому діючому виробничо-господарському утворенні. Якщо для підвищення ефективності функціонування даного утворення залучається логістична концепція, то вона допомагає об'єднати їх у гнучку виробничо-логістичну систему з єдиними цілями й завданнями, які відображають прагнення оптимізувати діяльність усього підприємства, а не окремо взятого компонента. Ключовим інструментом такого об'єднання є інформаційна логістика.

Очевидно, що обізнаність щодо потреб, кількісних і якісних параметрів товару і мотивацій, а також ряду інших аспектів стосовно споживачів або їхньої сукупності, разом з інформацією про транспортні, фінансові, юридичні й інші умови поставок, відомості про характер логістичного сервісу й сучасних вимог керування потоковими процесами, дозволяє підприємствам правильно організувати й вчасно корегувати процеси виробництва й обігу. Це, в остаточному підсумку, позначається оптимальним ефектом одночасно для продукуючих структур і для споживачів.

В економічно розвинених країнах і, особливо на міждержавному рівні, при організації різних виробництв і реалізації відповідних маркетингових комплексів логістиці надається підвищене значення. Це не випадково. В останні роки чітко проявляється не тільки єднання валютно-фінансової політики різних, у першу чергу європейських країн, але й всебічна (вертикальна, горизонтальна) інтеграція ринків збуту матеріальної й, що дуже важливо, нематеріальної продукції.

Якщо детальніше розглядати інформаційну логістику на макрорівні, то предметом вивчення й зосередження зусиль є керування *міждержавними інформаційними потоками*. Вони являють собою інформаційні потоки між двома або декількома країнами.

Ключовими елементами інформаційної логістики на макрорівні є різного роду автоматизовані бази даних. Їхнє створення почалося у 70-х роках, однак, масове впровадження із широким охопленням різних областей знань і діяльності вони одержали наприкінці 80-х років XX сторіччя. У принципі до автоматизованих баз даних може мати право доступу будь-яка фізична або юридична особа, що вносить відповідну абонентську

плату. Однак даний, з одного боку, позитивний аспект, з іншого боку, створює складні правові проблеми. Так, використання інформації, яка зберігається в базі даних в одній країні і яка передана певному абоненту в іншу країну, може бути пов'язано, наприклад, з порушеннями авторських прав, місцевого законодавства про захист інформації та ін.

Важливо підкреслити позитивну роль інформаційної логістики в організації зовнішньої торгівлі, у міжнародному поділі праці. Ефективне логістичне керування міжнародним інформаційним потоком дозволяє оптимізувати розподіл ліквідних ресурсів, але найголовніше – оперативно перерозподіляти запаси неліквідних і наднормативних засобів виробництва, організовувати раціональне просування матеріальних (грошових, пасажирських...) потоків по логістичних ланцюгах, а також стандартизувати багато логістичних процесів.

У зв'язку із цим водночас треба, на наш погляд, зупинитися на висвітленні такого аспекту керування інформаційною логістикою, як ЕДИФАКТ. «Едифакт» – це специфічний стандарт електронного обміну даними в керуванні, торгівлі й на транспорті. Створення даного стандарту є результатом більш ніж десятирічної роботи Американського комітету зі стандартів (при Американському інституті стандартів) разом з Економічною комісією ООН щодо спрощення торговельних операцій. Терміну «Едифакт» що одержав чимале поширення, відповідає міжнародний стандарт ISO 9735 (1987 р.) – ISO 9735-10 (2014 р.). Даний стандарт регулює електронний обмін документами в різних сферах адміністративної, комерційної й транспортної діяльності. У 1988 р. сесія Європейської економічної комісії (ЄЕК) ООН прийняла рішення з питання впровадження й поширення правил ЕДИФАКТ, які в тому ж році одержали статус правил ООН.

В Едифакті виділяються чотири основних компоненти, які підлягають стандартизації при підготовці документів для передачі по каналах зв'язку:

- Елементи даних (data elements).
- Стандартні групи елементів даних (standart data segmants).
- Стандартні повідомлення (standart messages).
- Правила створення форматів документів (syntax rules).

У даному стандарті як *елементи даних* виступають найдрібніші частини інформації, що не піддаються розподілу, наприклад, дата документа, назва місця призначення, сума податку на додану вартість і т.п.

Понад 600 елементів даних, які використовуються у міжнародній торгівлі й на транспорті, опубліковані у спеціальному довіднику UNTDID, а також затверджені як спеціальний стандарт (ISO 7372). Періодичне поповнення даного довідника здійснюється під керівництвом Секретаріату ЄЕК.

Донедавна основні проблеми, які намагалися вирішити фахівці в рамках логістичних систем, концентрувалися в області керування матеріальними потоками. Інформаційна логістика розглядалася як другорядний аспект керування логістичними процесами фізичного характеру. Основна увага приділялася супровідній інформації із просування товарних потоків від постачальників до споживача.

У процесі розвитку й поширення логістичних систем серед виробників усе сильніше стала відчуватися потреба створення й розвитку комплексної інформаційної системи логістичного характеру, яка б не тільки органічно поєднувала в єдине ціле сукупність логічних підсистем і їхніх елементів, але й дозволяла надалі вдосконалюватися всій логістичній системі в умовах турбулентності економічних відносин і динамічності зовнішнього середовища.

Передумовою кардинальних змін відносно інформаційної логістики послужило прийняття й затвердження у свідомості підприємців і фахівців розуміння вже виявленого факту. Його суть полягає в тому, що інформація на досягнутому рівні суспільного відтворення є не тільки важливим фактором, але й *самостійним виробничим ресурсом*, потенційні можливості якого недостатньо (на той момент) оцінювалися й використовувалися. Належне використання цих можливостей радикально змінює позицію продуцентів у конкурентному середовищі й відкриває таким структурам прогресивні перспективи в організації всієї їхньої виробничо-господарської діяльності.

Взагалі створення інформаційних систем у логістиці пов'язане із цілим комплексом проблем, які необхідно вирішувати ще на стадії проектування логістичних систем. Єдність і певна

автономність функціональних логістичних підсистем, а також посилення їхнього впливу на сполучені з ними виробничі, маркетингові, адміністративні та інші підсистеми забезпечуються інформаційною логістикою, орієнтованою на стратегію підприємства й концептуальні основи логістики.

З теорії й практики маркетингу й логістики відомо, що в умовах динамічності зовнішнього середовища оперативне одержання інформації: про його стан у той або інший момент, про поточні події, про складні комерційні ситуації на ринку (які можуть виразитися в одержанні замовлень на поставку продукції або відмові від неї) – може визначити успіхи або невдачі у всій виробничо-господарській діяльності суб'єкта. У зв'язку з цим значення інформаційної логістики важко переоцінити.

Треба відзначити, що інформаційні потоки є ефективним сполучним засобом, що поєднує й інтегрує практично всі елементи логістичної системи. У той же час дієздатність інформаційної логістики багато в чому залежить від характеристики інформаційних мереж, якості наявних даних, ефективності комунікаційної інфраструктури, створеної усередині логістичної системи, а також від комплексності заходів і технологій прийняття оперативних рішень. Супутно зазначимо, що розвиток засобів комунікації на мікро-, і особливо на макрорівні, не тільки є раціональною, але й специфічне логістичне зв'язування значно покращує якість інформації, що пов'язана як з безпосереднім керуванням матеріальними потоками, так і з іншими сферами інтересів суб'єкта діяльності.

Інформаційна логістика виконує безліч спеціалізованих функцій, які можна розділити на чотири основні напрямки (рис. 1.3). Ці функції глибоко інтегровані в найважливіші функції виробничо-господарської діяльності підприємства. Більше того, там, де використовується логістична концепція, виконання виробничо-господарських функцій неможливе без сполучення їх з функціями інформаційної логістики.

Основним предметом керування й основою функціональної реалізації інформаційної логістики є інформаційні потоки. Тут варто звернути увагу на цікаву обставину.



Рис. 1.3. Функції логістичної інформаційної системи

Важко уявити собі комплекс робіт і операцій, що зрештою не приводив би до фізичного переміщення засобів або предметів праці, іншими словами, до породження матеріальних потоків. Даного роду міркування приводять до простого, але дуже важливого висновку: керування матеріальними потоками неможливе без інформаційної змістовності.

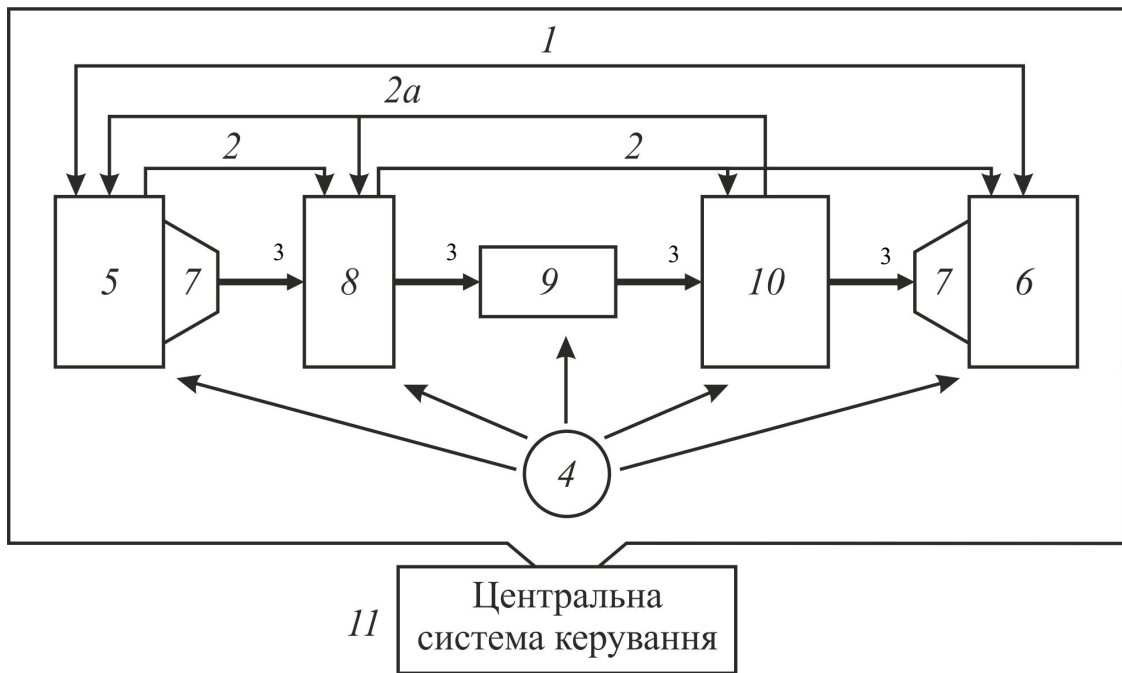


Рис. 1.4. Принципова схема інформаційних потоків на етапах розподілу й збуту товарної продукції:

1 – дані замовлень на продукцію й документів на її поставку; *2* – інформація про відправлення продукції; *2a* – зворотні інформаційні зв'язки; *3* – інформаційні потоки, що супроводжують перевезення, а також статусні запити й повідомлення; *4* – дані фактурування (інформації про витрати у шляху проходження); *5* – відправник вантажу; *6* – вантажоодержувач; *7* – під'їзні колії; *8* – станції відправлення; *9* – трансформаційний центр (перевантажувальний транспортний термінал); *10* – станція призначення; *11* – центральна керуюча система

Таким чином, будь-які транспортно-переміщувальні роботи повинні підтримуватися відповідним інформаційним обслуговуванням. Це стосується всіх зовнішніх логістичних процесів на етапах розподілу, покупки й збуту, а також внутрішньої виробничо-господарської діяльності підприємства. Кількість і різноманітність інформаційних потоків на кожному етапі дуже велика, навіть їх перерахування іноді викликає труднощі. Кожний конкретний випадок індивідуальний. Однак для прикладу: потоки інформації, породжувані на етапах розподілу й збуту готової продукції, скажімо, по прямих зв'язках, узагальнено можна уявити саме в такому вигляді (див. рис. 1.4).

Передача інформації може здійснюватися усно або з використанням різних документів. З рис. 1.4 видно, що інформаційні потоки у процесі організації перевезень породжуються різними

джерелами й рухаються у двох протилежних напрямках:

1. Від споживача до постачальника.

Основні відомості, які зазвичай включають дані потоки, містять інформацію про платоспроможність і характер попиту конкретних споживачів, про особливості їхніх вимог і очікувань, про оформлені замовлення, про умови поставки й платежів та ін.

2. Від постачальника до споживача.

Цей тип інформаційних потоків повинен містити відомості про умови, що створюють, для забезпечення оптимального руху товарів і ефективного регулювання потокових процесів на будь-якій ділянці логістичного ланцюга.

Потоки обох типів повинні проходити відповідну обробку в центральній системі керування логістикою.

За даними деяких досліджень інформаційна логістика у сфері контролю над просуванням товарних потоків підвищує рівень і якість логістичних послуг у 43–45 % випадків і в 40 % випадків дозволяє істотно знизити витрати зі збуту. Процес керування логістичними інформаційними потоками повинен характеризуватися такими *найважливішими властивостями*:

- Відповідність матеріальному (фінансовому або іншому) потоку.

- Оперативність.

- Раціональність.

- Безперервність.

- Адекватність процесам, що відбуваються в зовнішньому середовищі, у першу чергу на ринку товарів і послуг.

Витримати дані вимоги повною мірою можна, лише маючи в розпорядженні високопродуктивні технології й комунікаційні системи, як усередині логістичної системи, так і за її межами.

Варто відзначити, що в області керування інформаційними потоками вживають всебічні спроби вирішити комплекс різних проблем. Одні пов'язані з носіями інформації – документами, інші – з організацією процесів обміну інформацією – документообігом, треті – із забезпеченням інформаційної безпеки й т.д. З розвитком комп'ютеризації й комунікаційних засобів зв'язку пошук оптимальних рішень, які одночасно були б компромісними для перерахованих і інших проблем, став можливим.

У цей час, щоб зменшити, а в деяких випадках – зовсім позбутися трудомістких і малопривабливих дій з оформлення величезної кількості перевізних і облікових документів, розширюється впровадження в логістичну діяльність і триває вдосконалення електронних, так званих *бездокументальних (безпаперових) технологій*. Ці технології дозволяють значно спростити традиційні процеси документообігу.

Вся інформація про стан, динаміку і будь-яку іншу характеристику певних процесів, починаючи з моменту входу потоків у логістичну систему й закінчуючи їхнім виходом або перетворенням у процесі виробництва або трансформації, зберігається в пам'яті ЕОМ. Із цього сховища вона може бути отримана користувачем у будь-який час і в будь-якому заданому вигляді.

Узагальнено моніторинг просування матеріальних потоків здійснюється за допомогою модельованого переміщення набору певних даних по своєрідних комірках пам'яті ЕОМ. Передача тієї або іншої інформації про матеріальні потоки з осередку в осередок здійснюється в результаті одержання певних сигналів про переміщення потоку з одного елемента транспортного ланцюга або системи зберігання/переробки на інший. При досягненні матеріальними потоками пунктів призначення відносно ролі, участі й інформаційного взаємозв'язку елементів управлінського або технологічного процесу утворюються специфічні інформаційні моделі логістичної діяльності, які, незважаючи на визначеність, мають все ж динамічний характер і відображають прив'язку до локальних об'єктів. Наприклад, інформаційні моделі навантажувально-розвантажувальних або перевізних-охоронних і інших комерційних робіт окремих об'єктів транспортно-складської або виробничо-логістичної системи.

Уже відзначалося, що інформаційна логістика складається з п'яти основних елементів. У зв'язку з цим варто підкреслити, що кожен елемент у свою чергу структурується на окремі компоненти. Різне комбінування цих компонентів обумовлює властивості складених елементів. Об'єднання елементів утворює своєрідні субсистеми, а об'єднання субсистем – підсистеми. Як правило, інформаційні системи формуються із *двох підсистем*:

1. Функціональної підсистеми.
2. Підсистеми забезпечення.

Функціональну підсистему утворює комплекс завдань, що вимагають рішення й згрупованих за приналежністю, цілями, пріоритетами і іншими ознаками.

Підсистема забезпечення утворюється іншими чотирма елементами, які складають дві субсистеми: інформаційні інфраструктури й інформаційне забезпечення. На рис. 1.5 подана принципова схема структуризації інформаційної логістики.

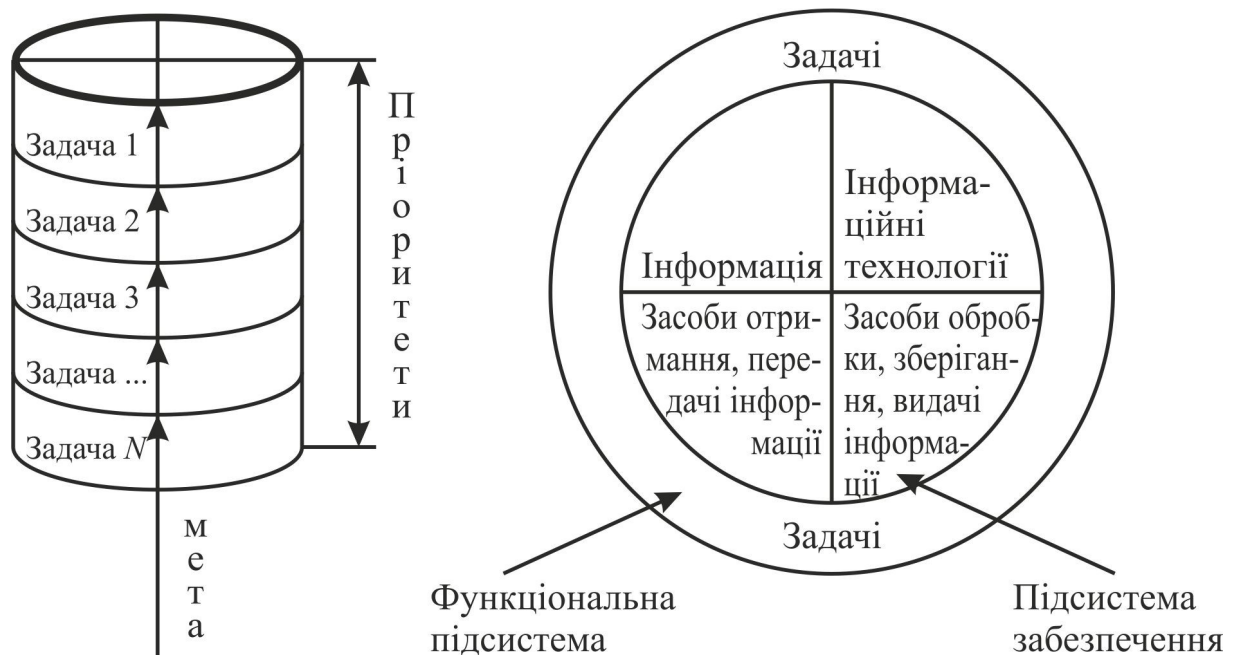


Рис. 1.5. Принципова схема структуризації інформаційної логістики

Організація взаємозв'язків не тільки між елементами, але й між окремими компонентами в інформаційних системах логістики істотно відрізняється від організації традиційних інформаційних систем. Передумовою й одночасно методологічною вимогою цього є те, що відповідно до концепції логістики інформаційні системи повинні забезпечувати всебічну й глибоку інтеграцію всіх аспектів керування поточними процесами, а також гнучкість, надійність і оперативність їхньої взаємодії.

Серед фахівців існує версія, що *логістичні інформаційні системи відрізняються не змістом, характером інформації й/або набором технічних засобів, а методами й принципами, що використовуються для їх створення.*

Якісні критерії функціонування інформаційної логістики переважно залежать від рівня автоматизації обробки даних, що

повинен бути предметом стратегічного підходу. Всебічна автоматизована обробка даних у всіх організаційних структурах, що діють у рамках логістичної системи, не тільки оптимізує процеси фізичного переміщення ресурсів і продукції, але, що не менш важливо, дозволяє для більшої об'єктивності повною мірою застосовувати такі критерії оцінення результатів як якість, швидкість, надійність і низка інших.

У традиційних системах обробка даних, як правило, застосовується в чітко обмежених й часто ізольованих областях використання обчислювальної техніки. Зазвичай ставляться локальні завдання, для кожного із яких розробляється рішення, що точно відповідає тільки його сутності. При цьому можливі випадки, коли не враховується негативна дія отриманого результату на вирішення прямо не зв'язаних, але все ж таки суміжних завдань. Вибір і формалізація завдань із метою їхнього автоматизованого рішення в основному здійснюється виходячи з міркувань цільової (локальної) максимальної раціоналізації, а не загального кінцевого ефекту. Більше того, дуже часто для ЕОМ формалізуються й відбираються завдання, які не тільки вирішуються ізольовано одне від одного, але й не узгоджуються міжапаратним (міжмашинним) обміном необхідною інформацією.

Логістичні ж інформаційні системи базуються на комплексному обробленні даних і сучасних інформаційних і комунікаційних технологіях. Вони знаходять широке застосування практично у всіх господарських галузях економіки не тільки закордонних країн, але й у нас. Логістичні інформаційні системи можна назвати інформаційними виробничо-господарськими системами нового покоління. Саме вони в умовах динамічності ринкових відносин дозволяють зайняти й зберегти необхідні позиції у сфері транспортування й складської переробки матеріальних ресурсів, налагодити ефективний післяпродажний сервіс, витримати вимоги щодо мінімізації витрат, налагодити повне інформаційне забезпечення адміністративного керування, у тому числі планування, регулювання й контроль виробничо-комерційної діяльності.

Необхідно звернути увагу на те, що в логістичній інформаційній системі відбувається, по-перше, різке збільшення числа розв'язуваних завдань із використанням обчислювальної

техніки, а, по-друге, таке їхнє зрощення, при якому ізольовані рішення вже стають неможливими. У зв'язку із цим виникає необхідність вирішення проблем, пов'язаних зі сполученням різних машинних і мережних систем. Управлінські й функціональні користувачі (посадові особи, виконавці, підрозділи, служби) опиняються перед необхідністю забезпечення умови, щоб кожна складова певних даних завжди мала те саме значення й усіма розумілася однаково.

Щоб забезпечити наскрізну прохідність інформаційних потоків, а також консистентність даних усередині функціонуючих і резервних ланцюгів, необхідно обов'язкове загальне (рамкове) планування. Для того щоб воно відповідало названим вище вимогам, зміст завдань має бути досконало визначений й погоджений. Крім цього, повинні бути встановлені єдині підходи при реалізації намічуваних проектів (програм, планів). Це означає, що певний функціональний ланцюг і алгоритм дій згодом міг би бути в такий спосіб детально розчленованим, щоб за необхідності можна було скоригувати постановку завдань і передбачити одержання похідних результатів, придатних для сприйняття й реалізації в інших проектах (програмах, планах).

Стратегія на створення й удосконалювання логістичних інформаційних систем характеризується досягненням певної масштабності в розвитку комп'ютеризації процесів керування (у тому числі процесів прийняття рішень), значним удосконалюванням організаційної структури суб'єктів господарювання, посиленням функціональної спряженості засобів і систем автоматизації керування в комплексі й окремих процесах, зокрема, а також виробленням методичних підходів до уніфікації інформаційного, математичного й матеріально-технічного забезпечення.

На жаль, слід зазначити, що, незважаючи на певні прогресивні досягнення, хід поширення логістичних інформаційних систем поки відстає від зростання й ускладнення вимог, пропонованих сучасними ринковими відносинами. Основним стримуючим фактором є те, що на багатьох підприємствах, як і раніше, засоби й системи автоматизації керування, елементи математичної логіки, інформатики, а також економічні аспекти продовжують залиша-

тися розрізненими й не цілісно убудованими у процеси реального керування й виробничо-господарської діяльності.

Контрольні запитання до підрозділів 1.1–1.3

1. Визначення поняття інформація.
2. Коротка історія логістики.
3. Визначення понять: засоби обробки матеріального і інформаційного потоку, транспортні засоби, засоби виробництва, матеріальний потік, транспортний ланцюг.
4. Система матеріального потоку.
5. Техніка матеріального потоку.
6. Випробування, упакування, складування, проектування, транспортування, навантажування і розвантажування.
7. Утворення вантажних одиниць, комплектування, перевалка вантажів, монтаж.
8. Інформатика, логістично-інформаційна система, інформаційний потік.
9. Визначення понять LAN, WAN, CAL, CIM, CAM, CIL, PPS, CAO, CAP, CAQ, CASE, CAS, CAD, CAE.
10. Інформаційна логістика.
Функції логістичної інформаційної системи.
11. Схема інформаційної системи.
12. Схема інформаційних потоків на етапах розподілу збуту готової продукції.
13. Чому інформація виступає одним з найважливіших об'єктів логістики?
14. Освітити сутність інформаційної логістики.
15. Склад субсистем інформаційної логістики.
16. Зміст інформаційної логістики на макрорівні.
17. Розкрити сутність і прогресивність Едифакта.
18. Функції логістичної інформаційної системи.
19. Принципова схема інформаційних потоків на етапах розподілу й збуту продукції.
20. Напрямки інформаційних потоків у логістиці.
21. Властивості процесу керування інформаційними потоками.

22. Використання ЕОМ у керуванні інформаційними потоками.

23. Принципова схема структуризації інформаційної логістики.

24. В чому специфіка логістичних інформаційних систем?

1.4. Завдання логістики

Завданням логістики є надання:

- належної кількості;
- належних об'єктів як предметів логістики (товари, люди, енергія, інформація);
- у належному місці системи (джерело, западина);
- у належний момент;
- з належною якістю;
- і при належних витратах.

Ці шість «належних» завдань виражають мету логістичного мислення й дії. Мова йде не про мінімізацію витрат, наприклад, на окремий транспортний процес, а про цілісне планування, керування й нагляд щодо систем для їхньої оптимізації.

У випадку *народногосподарської логістики* (макрологістика) мова йде про велику комплексну систему. Важливі елементи утворюють тут систему *Логістики підприємства* й домашніх господарств. Важливе значення в цих, побудованих, як мережі, системах безсумнівно, мають транспортні підприємства, поштове й телеграфне устаткування.

Найважливішим завданням народногосподарської логістики є надання інфраструктури для систем логістики підприємств (мікрологістика), домашніх господарств, військової логістики й інших часткових систем, що беруть відповідну участь у народногосподарських цілях.

Уряд однієї країни повинен видати рамкові політичні й економічні умови – відповідні закони, укази, правила переміщення побутового сміття. При цьому діючі органи влади повинні спостерігати за дотриманням правил і законів. Планування заходів інфраструктури охоплює, поряд із іншим, постановку цілей, оцінення потреб, розробку центрів значущості й цілей

створення населених пунктів, розробку землекористування й планів шляхів, установлення порядку здійснення, місць перетинання, а також пояснення фінансування.

Варто враховувати політичну залежність. Проблеми планування, що виникають у країнах із централізованим керуванням економікою, й економікою, орієнтованою на ринок, вирішуються по-різному. Для країн з ринковою економікою необхідно передбачати якнайменше заходів, які при введенні логістичних заходів ведуть до порушення конкуренції. Задумана в Європі з 1992 р. лібералізація транспортного ринку є істотним кроком у цьому напрямку.

Крім того, у завдання законодавця при плануванні довгострокових цілей повинен входити облік існуючих технічних можливостей і переваги однієї системи в порівнянні з конкуруючими системами й своєчасне введення відповідної інфраструктури.

Нижче наведено кілька прикладів із сьогодення часу, необхідних для дій законодавця з погляду логістики:

Залізниці планують і фінансують як транспортне підприємство всю свою рейкову мережу, у той час як, наприклад, у транспортному підприємстві автотранспортних перевезень і судноплавства по внутрішніх водах це не так. Залізниця – це транспортний засіб, що дозволяє перевозити людей і товари на дальші відстані надійно, швидко й економічно, у той час як вантажні й легкові автомобілі є типовим наземним транспортним засобом для ближніх перевезень. Комбіновані перевезення вже використовують ці можливості.

Відомо, що авіаперевезення через перевантаження повітряного простору й навантаження на зовнішнє середовище вже сьогодні піддаються все більшій критиці, а в майбутньому вона безумовно буде ще сильнішою. Крім того, у дослідженні транспорту, матеріального потоку і логістики досягнуті значні технічні успіхи:

- ✓ максимальні швидкості в системі колесо–рейка досягнуті зараз більше 400 км/год;

- ✓ розроблено новий продукт – магнітну рейкову дорогу, що при високих швидкостях (понад 500 км/ч) відкриває нові шляхи для перевезень в усьому світі;

✓ розроблені або розробляються нові автоматичні системи для ближніх пасажирських перевезень, які можуть використовуватися й для перевезення товарів;

✓ автоматична фабрика з убудованим комп'ютеризованим виробництвом (СІМ) і точно у строк (JIT)-рішення й революція в інформатиці дозволяють використовувати нові автоматичні рішення в перевезенні й зокрема в перевалці товарів.

Які думки можуть виникати у зв'язку із цими фактами, навіть якщо для цього потрібні більш фундаментальні дослідження?

- Необхідно збагнути, чи може залізниця якомога швидше бути організована як Промислове товариство, і все планування інфраструктури (рейкової мережі) і її підтримка будуть відділені від цього Промислового товариства?

- Інфраструктура цієї дороги повинна бути випробувана з погляду того, чи підходить нова рейкова мережа для реалізації нових концепцій логістики й чи доповнені автоматичні системи перевалки товарів засобами для штучних товарів без сортувальних станцій?

- Усередині Європи необхідно випробувати, які альтернативи (наприклад системи колесо–рейка або магнітні) можуть бути використані для створення зв'язків між великими містами для пасажирських і вантажних перевезень протягом найближчих 5–10 років.

- Повинні розроблятися, а також упроваджуватися організаційно, наприклад, шляхом нових об'єднань, нові логістичні стратегії для залізниці.

- Автоматичні системи для перевезень на близькі відстані необхідно досліджувати відносно їх придатності для автоматичного комбінованого вантажного перевезення й приміського пасажирського сполучення.

Згадані вище приклади показують, що в пасажирському й вантажному перевезенні з народногосподарської точки зору щодо створення нових інфраструктур на даний момент існує значна необхідність дій і необхідність більших інвестицій у нові рішення, що задовольняє вимогам автоматизації. На противагу транспортній сфері у сфері пошти шляхом запланованої й уже

початок розробки нових комунікаційних і інформаційних мереж і пов'язаних із цим організаційних змін визначаються цілі на майбутнє.

Подальші інфраструктурні заходи в нашому народному господарстві повинні дотримуватися для:

- ✓ промислових, торговельних, обслуговуючих підприємств і домашніх господарств, також відносно утилізації відходів і захисту навколишнього середовища. Тут необхідно розробляти нові перспективні логістичні стратегії.

- ✓ забезпечення лікарень, водо- і енергопостачання, й постачання для сільськогосподарських і лісгосподарських підприємств;

- ✓ оборони.

Планування народногосподарської логістики відбувається відповідно до вищенаведених положень урядами і органами влади, у той час як вживаються інфраструктурні заходи. На жаль, відбувається так, що сьогодні ще не існує фундаментальних наукових досліджень комплексних логістичних рішень народногосподарських аспектів.

Управлінські й контрольні функції держави поширюються поряд із створенням інфраструктури у рамках народногосподарської логістики в секторі логістики підприємств винятково на такі системи, які працюють при участі держави й при яких передбачений вплив на їхні власні господарства. У зв'язку із цим необхідно вказати на провідну центральну роль комунікаційних і інформаційних мереж пошти й необхідність захисту даних. Через ці мережі в майбутньому стане можливим краще керування й контроль систем логістики підприємств.

Завдання логістики підприємств можуть бути наочно представлені на прикладах промислових і транспортних підприємств:

Транспортним системам внаслідок їхньої складності необхідні посилені заходи щодо регулювання, які внаслідок розширення площі й обсягу фіксуються в даних інфраструктурах. Уже давно існує контроль повітряного простору й керування в повітряних перевезеннях. Перевезення на залізниці також мали потребу в постійному контролі й керуванні. Керувати необхідно також судноплавством, наприклад, на шлюзах у мережі каналів. У

ході навантаження, що збільшилося, у дорожньому русі теж неможливо більше обходитися простим світлофорним регулюванням, так що необхідно прийти до міжрегіональних систем керування перевезеннями. Особливо складні системи керування необхідні пошті. Водночас енергопостачання, а також утилізація відходів мають потребу в керуванні й контролі. Керувати й контролювати потрібно також логістичні завдання поліції, прикордонної служби й контртерористичних груп. На першому місці керування й контролю знаходяться інформаційні мережі пошти.

На прикладі промислових підприємств варто розглянути подальші важливі завдання планування, керування й контролю логістичних систем.

Планування промислових підприємств вимагає територіального планування в сполученні з рішенням про централізовану й деяку децентралізовану території, а також комплексного планування підприємств, оптимально орієнтованих на спектр продукції, яку необхідно виготовити, або ж на спектр товарів, що підлягають розподілу, і на виникаючі потоки матеріалів.

Планування технологічних процесів, технологічного устаткування, промислових комплексів і споруд починається з визначення послідовності роботи або ж процесів матеріального потоку, включаючи продуктивність, кадрове планування й т.д. Розвиток плану й системи супроводжується вибором засобів виробництва, потоку матеріалів і потоку інформації, включаючи інфраструктуру для споруд, площ і персоналу, й повинний враховувати новітні технічні розробки автоматизації. Планування інформаційних потоків, в остаточному підсумку, припускає визначення концепції, включаючи технічне й програмне забезпечення комп'ютерів.

Завданням логістики підприємств є керування промисловими підприємствами з такими цілями:

- ✓ мінімізація виробничих витрат;
- ✓ мінімізація тривалості виробничого циклу й обсягів даних;
- ✓ максимізація якості й послуг з доставки й дотримання строків.

До того ж, варто оптимізувати окремі параметри логістики у плані максимізації прибутку для підприємств. Для цього необхідне застосування різних стратегій логістики і, якщо буде потреба, будівництво центру керування логістикою на підприємстві (рис. 1.6).

Логістичний центр у загальному ланцюзі створення товарів може взяти на себе координаційні завдання, оптимізуючі процеси. Для штучного виробництва на підприємстві центр керування координує, наприклад, загальне замовлення від заготівлі до збуту, причому операційна й адміністративна сфери однаково значущі.

При серійному виробництві потреба в координуванні стосується переважно операційного формування товару й синхронізації автономних підсистем.

Зразкові завдання в рамках функції керування оптимізують закупки при виборі постачальника, а також оцінення кількості й вартості й визначення обсягу власного виробництва (власне виробництво або ж постачання інших виробників, тенденція зменшення обсягу власного виробництва).

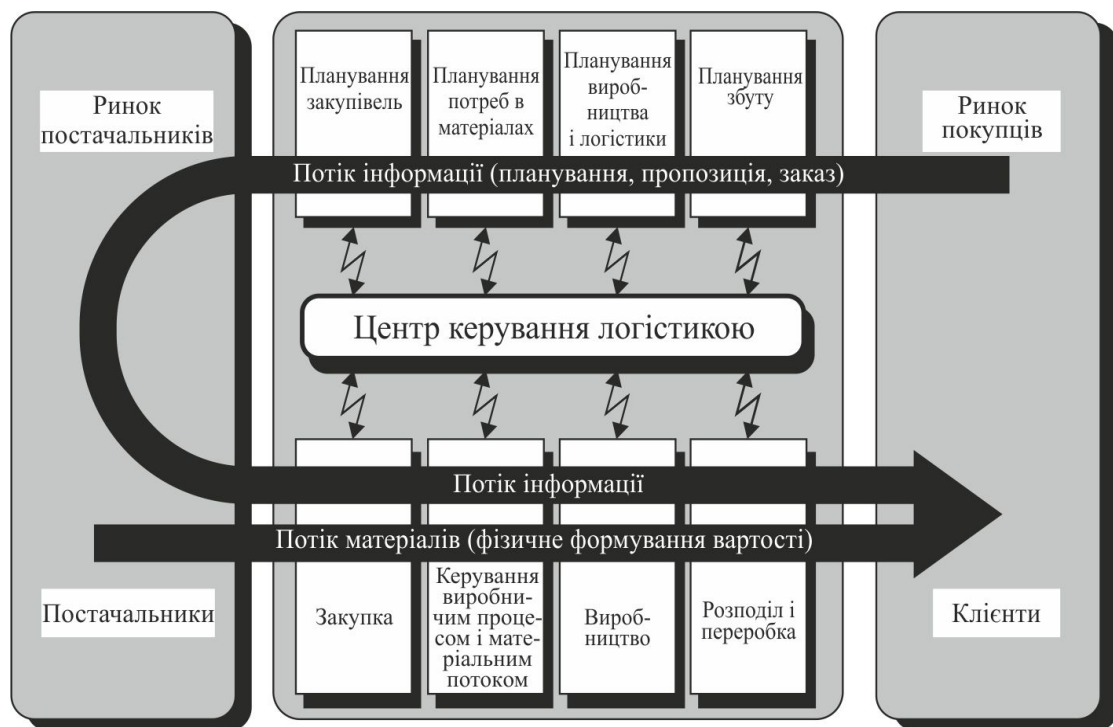


Рис. 1.6. Центр керування логістикою на «Фабриці завтрашнього дня»

У виробництві необхідно визначити відповідну послідовність технологічних процесів, розподіл виробничого замовлення по окремим засобам праці, найбільш вдалі розміри партії, компонування деталей у групу деталей, збалансування виробничих потужностей між процесами руху матеріалів і засобами виробництва для оптимізації ефективності використання, а також

правила технічного обслуговування. Особливе значення має збалансування руху матеріалів і виробництва в рамках планування й керування виробництвом, а також керування технологічними процесами.

Завдання логістики в дистрибуції охоплюють, наприклад, формування відповідних транспортних партій, оптимальне планування маршрутів, вибір відповідної дистриб'юторської системи й т.д.

Промисловому підприємству необхідні керування й порядок відносно проходження логістичних об'єктів через підприємство. Сьогодні часто відсутність прозорості і контролю на підприємстві технологічних процесів призводять до замкнутого кола (рис. 1.7).

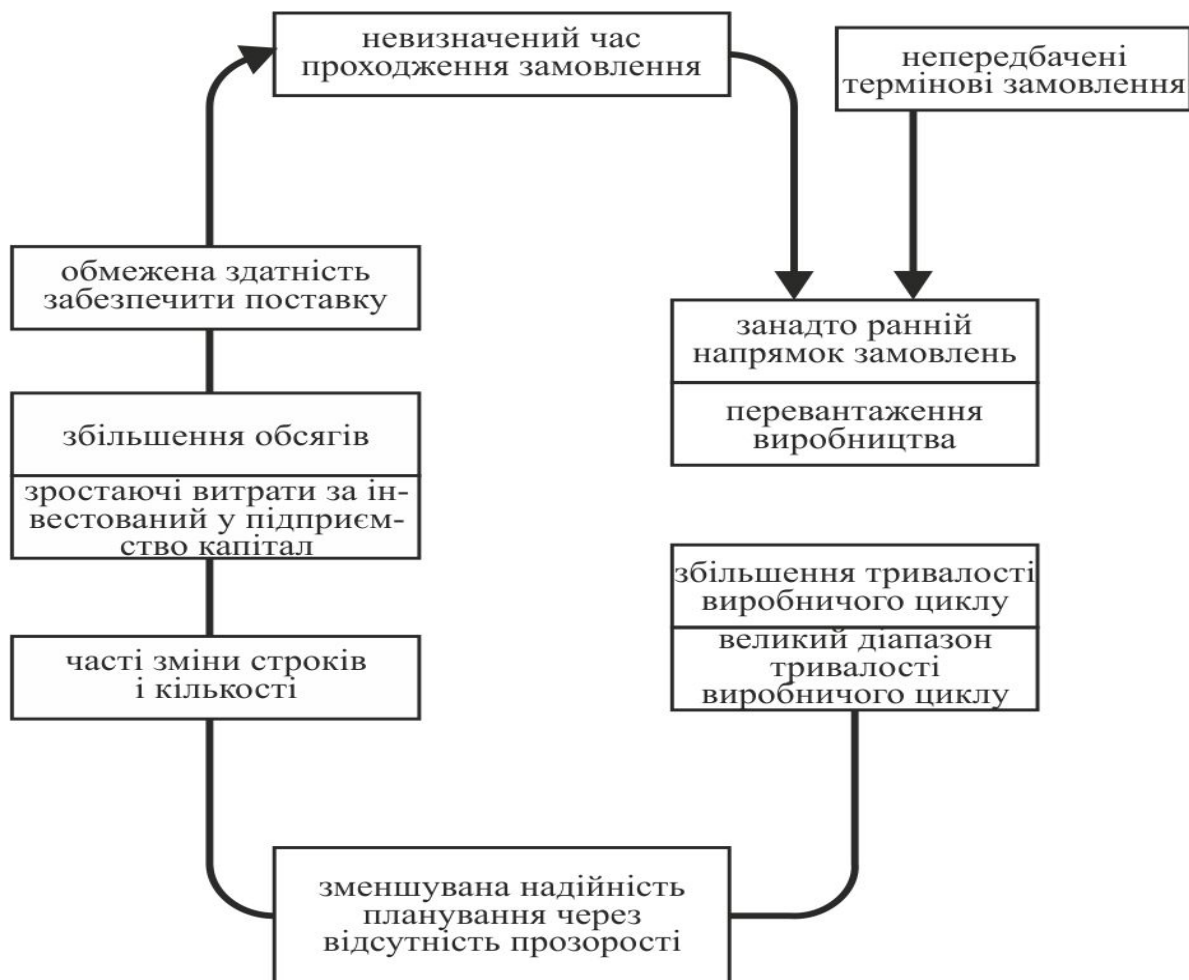


Рис. 1.7. Недоліки існуючого керування виробництвом

Не достатньо контрольований процес призводить до занадто тривалих виробничих циклів, великих обсягів і поганого

дотримання термінів. Результатом є термінові доручення й так звані термінові замовлення. Шляхом організації відповідних контрольно-вимірювальних пунктів, введення реєстрації виробничих даних (РВД) і розвитку інформаційної системи логістики виробництва можуть бути створені системи керування й регулювання, які приведуть до контролю логістичних параметрів. Шлях веде від керування виробництвом, зацикленого на *обсягах виробництва* (рис. 1.8), і керування процесом *транспортування* (рис. 1.9) до логістики керування рухом матеріалів (рис. 1.10).



Рис. 1.8. Керування виробництвом з метою максимального завантаження виробництва

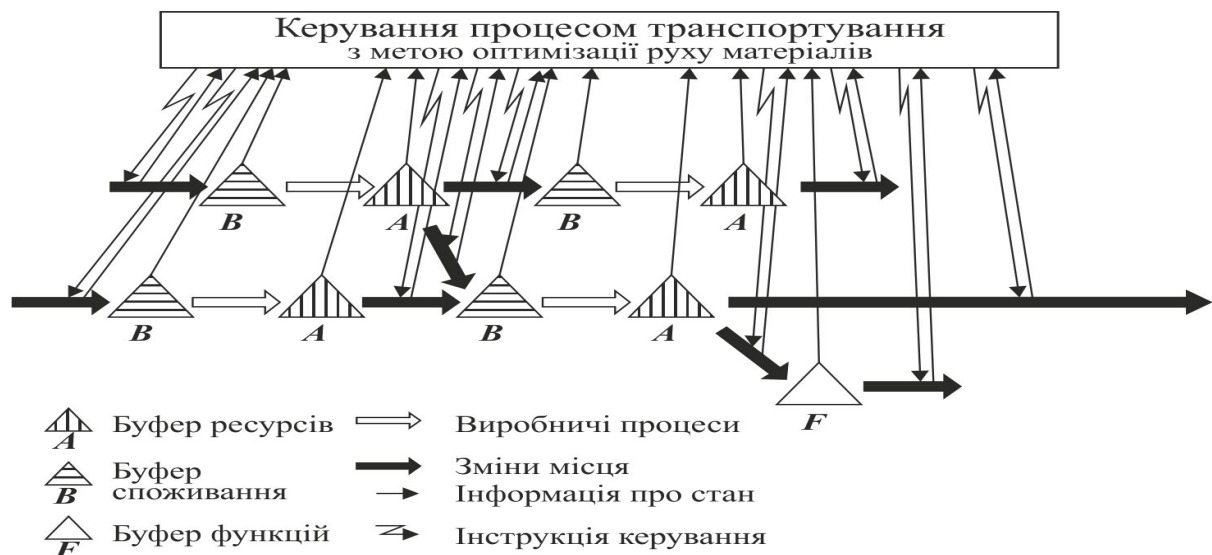


Рис. 1.9. Керування процесом транспортування з метою оптимізації руху матеріалів

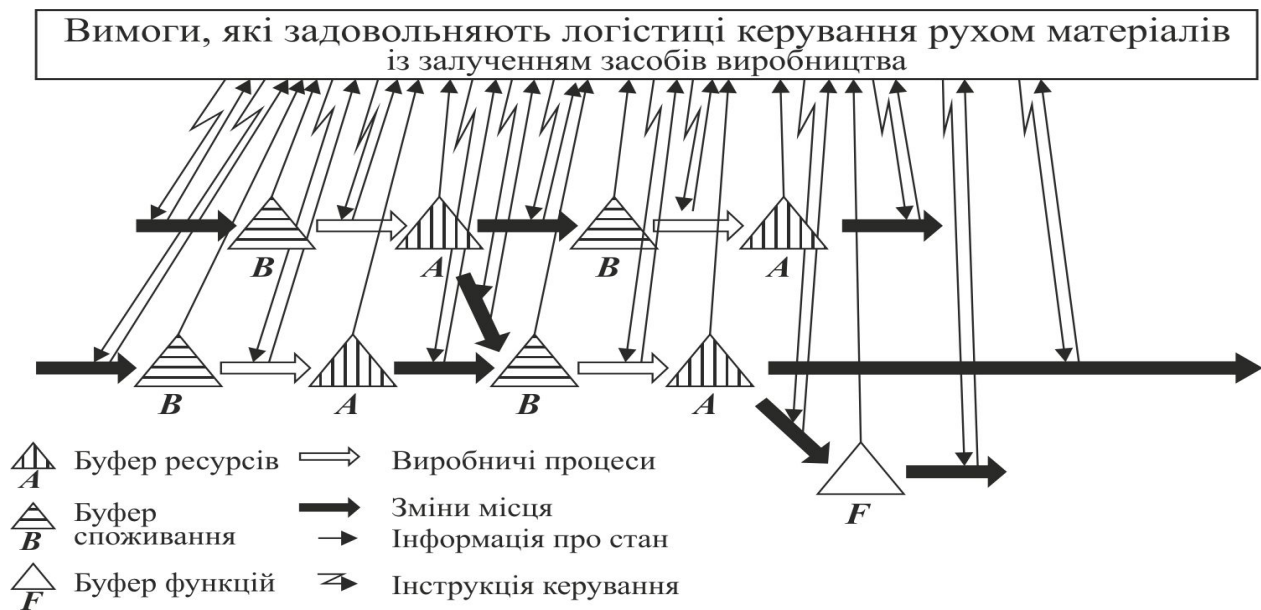


Рис. 1.10. Вимоги, які задовольняють логістиці керування рухом матеріалів із залученням засобів виробництва

Якщо при керуванні виробництвом на передньому плані буде стояти *максимальне завантаження засобів виробництва*, то при керуванні процесом транспортування буде досягнута *оптимізація руху матеріалів*. Керування рухом матеріалів залучає в процес керування не тільки *засоби руху матеріалів*, але й *засоби виробництва* відповідно до вимог логістики. Відповідний контроль обсягів, тривалості виробничого циклу, термінів, шляхів, виробничих процесів, і нарешті, загального логістичного результату й вартості разом з тим стане можливим завдяки розвитку системи керування й, якщо буде потреба, системи регулювання для виробництва. Логістика керування рухом матеріалів має на меті оптимізувати не окремі статті витрат, а весь ланцюг створення вартості замовлення. Необхідну для цього інформацію (дані) можна отримати в мережних вузлах надходження товарів (буфер ресурсів) і споживання товарів (буфер споживання). Для оптимізації всієї системи визначаються рівні завантаження виробничих і логістичних потужностей і оцінюються відповідно до їх внеску в мінімальну за часом виконання оптимізацію. При конкуруючих і при відомих умовах перехресних замовлень необхідно додатково проводити оптимізацію відповідної політики підприємства.

Важливі завдання логістики складаються з рішення проблем узгодженості, компетентності й координації. Якщо на фабриці

покупні деталі для монтажу повинні надходити й перероблятися на робочому місці точно за графіком, то необхідне керування виробництвом, закупівлею й розподілом з одних рук. Щодо цього функціональна, комплексна логістика підприємства є передумовою безперебійного процесу.

Вже при розгляді історичного розвитку можна виявити тісний зв'язок між логістикою, технічними розробками на промислових підприємствах і розвитком народних господарств і світової економіки. Тільки створена людиною інфраструктура уможливила технічний і економічний розвиток минулого сторіччя. Напрошується висновок про те, що логістиці буде приділятися значна роль у майбутньому розвитку, одже інформаційна техніка у зростаючому ступені проникне в логістичні системи й тільки завдяки цьому стане можливим комплексне планування, керування й контроль системних структур, які стають усе складнішими. Інфраструктури, які ми сьогодні створюємо для промислових, торговельних і обслуговуючих підприємств і домашніх господарств, а також для пошти, визначають ефективність логістики завтрашнього дня.

Який величезний вплив буде мати на суспільство й наше спільне життя сама інформаційна техніка, сьогодні можна тільки припускати. Інформаційні мережі зможуть повністю скасувати газети, зробити непотрібним похід за покупками, замінити каталоги товарів, зробити можливими нові фабричні структури з роботою вдома або цілодобово підтримувати контакт хворих і старих із зовнішнім світом. Які шанси, а також які небезпеки виникнуть у результаті цього розвитку, стане ясно під час дискусії про захист даних, що обґрунтовується функцією спостереження й контролю логістики. Постійне планування, керування й нагляд за переміщеннями товарів на підприємствах можна розцінювати як дуже значущі первинні завдання логістики. Постійно і все швидше змінюваний асортимент продукції, явна тенденція до споживчих товарів з індивідуальним стилем, заклик до зменшення строків поставки. Розмаїтість вироблених на підприємстві виробів або ж товарів і постійна конкуренція на ринках змушує в логістиці до гнучких і швидких реакцій керівництва підприємством і вимагає реалізації нових логістичних концепцій аж до оперативних рішень.

У минулому проводилися різні дослідження, які встановлювали частку вартості руху матеріалів, транспортних витрат і логістичних витрат у відсотках від обороту. Тому і дотепер не існує єдиних

основ оцінки, які частини витрат входять у вартість руху матеріалів або ж логістичні витрати. З цього чинника стають зрозумілими результати, що сильно відрізняються один від одного. Названі дослідження виявляють частки логістичних витрат між 10 і 30 % з невеликою тенденцією до зниження й демонструють їхнє значення для кожного підприємства. До того ж від галузі до галузі, а також між промисловими й торговельними підприємствами існують істотні розходження в розмірі логістичних витрат.

У багатьох дослідженнях, як правило, не вказуються непрямі витрати, викликані погано організованою або відсутньою логістикою, які призводять до перевищених строків зберігання матеріалу або є причиною втрат інвестованого у підприємство капіталу. Так, в окремих випадках строки зберігання матеріалу були визначені як складові 85 % і більше від загального терміну роботи над замовленням. Крім того, заморожування капіталу в запасах часто перевищує прибуток підприємства.

Діюча логістика має життєво важливе значення для рівня доходів кожного підприємства. Мова йде про комплексну логістику підприємств із оптимальним співвідношенням витрати/вигоди. Щоб керівництво підприємства одержало такий результат, необхідні повне охоплення і прозорість надходження й виходу об'єктів – товарів – і зв'язування їх усередині підприємства в орієнтовану на логістику систему керування й регулювання. Поставлена мета називається *прозорий завод* і впроваджується через *автоматизовану логістику (CAL)*. Це означає, що потенціалом раціоналізації можна вважати в середньому 20 % від обороту витрат на запаси й логістику, та скоротити їх за допомогою поліпшення планування, керування й нагляду. Техніка, інформатика й виробниче господарство сьогодні пропонують достатньо опорних пунктів для того, щоб у найближчі роки розкрити цей потенціал раціоналізації.

У цьому зв'язку варто розглянути народногосподарське значення транспорту, потоку матеріалів і логістики. Для цього використані із минулого щорічники Федеративної Республіки Німеччина статистичні дані Об'єднання німецьких машинобудівних підприємств (VDMA) (для довідки).

На рис. 1.11 показані кількості переміщених окремими транспортними гілками Федеративної Республіки Німеччина товарів у мільйонах тонн і в мільйонах тонно-кілометрів у 1978 і 1987 рр. Рис. 1.12 наочно демонструє зростання підключених пристроїв передачі інформації й переданої інформації в період з

1980 до 1987 р. Вартість продукції, зробленої засобами виробництва, включеними в логістичні системи, і відсоток зростання її щільності протягом 10 років подані на рис. 1.13. Цим підкріплюється значення інформаційної техніки для матеріального потоку й інформатики в порівнянні з машинобудівною технікою в народному господарстві Німеччини.

		Одиниця	1980	81	82	83	84	85	86	87	Розви ток 80– 87 %
Підключення до передачі інформації	Абонентський телефонний апарат	1,000	28,55	30,12	31,37	35,13	36,58	37,89	39,12	40,28	+41
	Радіотелефон	1	–	–	–	–	–	–	50,31	77,93	(86– 87) +55
	Телекс	1	138,5	145,5	150,5	154,9	159,3	163,7	167,2	167,6	+21
	Телетекс	1	–	–	–	–	–	12,36	15,51	17,85	+44
	Телефакс	1	–	–	–	–	–	25,62	43,79	84,12	(85– 87) +228
	Система відеотексту	1	–	–	–	–	–	38,90	58,36	95,91	(85– 87) +147
	Станція мережі передачі даних	1	–	–	–	–	–	248,3	292,2	341,3	(85– 87) +37
	Кабельне з'єднання (квартири, що обслуговуютьс я)	1,000	–	–	–	–	–	1,538	3,211	3,211	(85– 87) +109
Передані дані	Листи (усередині країни)	млн	11,22	11,63	11,90	11,79	11,61	11,58	12,20	12,24	+9
	Посилки (усередині країни)	млн	255	255	245	234	233	229	227	233	-9
	Місцеві переговори	млн	14,43	14,47	15,37	16,06	16,54	17,17	18,05	18,76	+30
	Міжміські переговори (усередині країни)	млн	7,507	8,028	8,478	9,015	9,519	10,01	10,46	11,04	+47
	Телеграми (усередині країни)	1,000	7,000	6,000	6,000	6,000	6,000	3,859	3,831	3,832	-45
	Телекс (усередині країни)	млн	–	–	–	168	171	172	166	158	(83– 87) -7

Рис. 1.11. Підключені прилади для передачі інформації й передані дані в період з 1980 по 1987 р. (Німеччина)

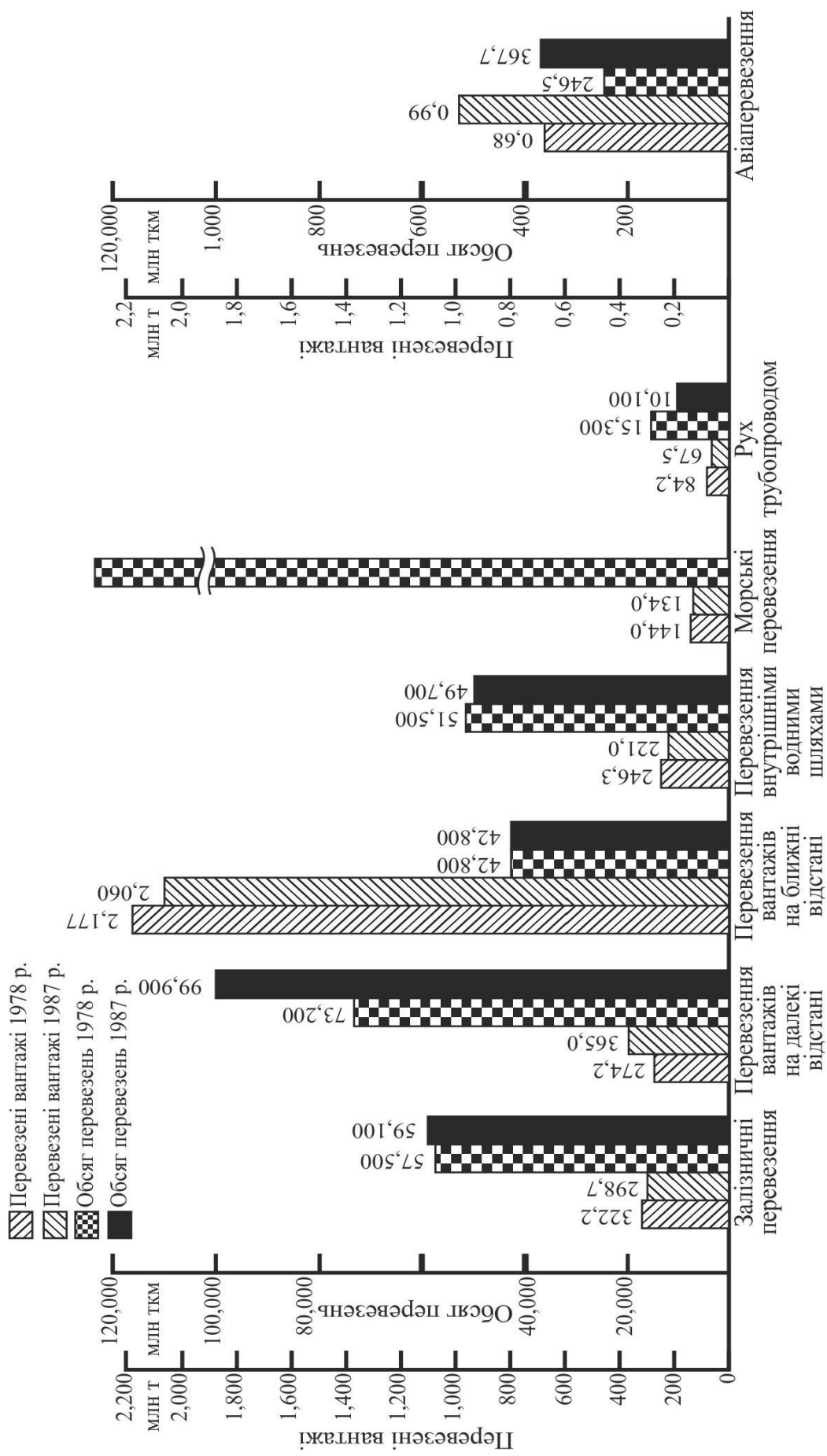


Рис. 1.12. Перевезені вантажі в мільйонах тонн і мільйонах тонно-кілометрів у 1978 і 1987 роках для окремих транспортних засобів (Німеччина)

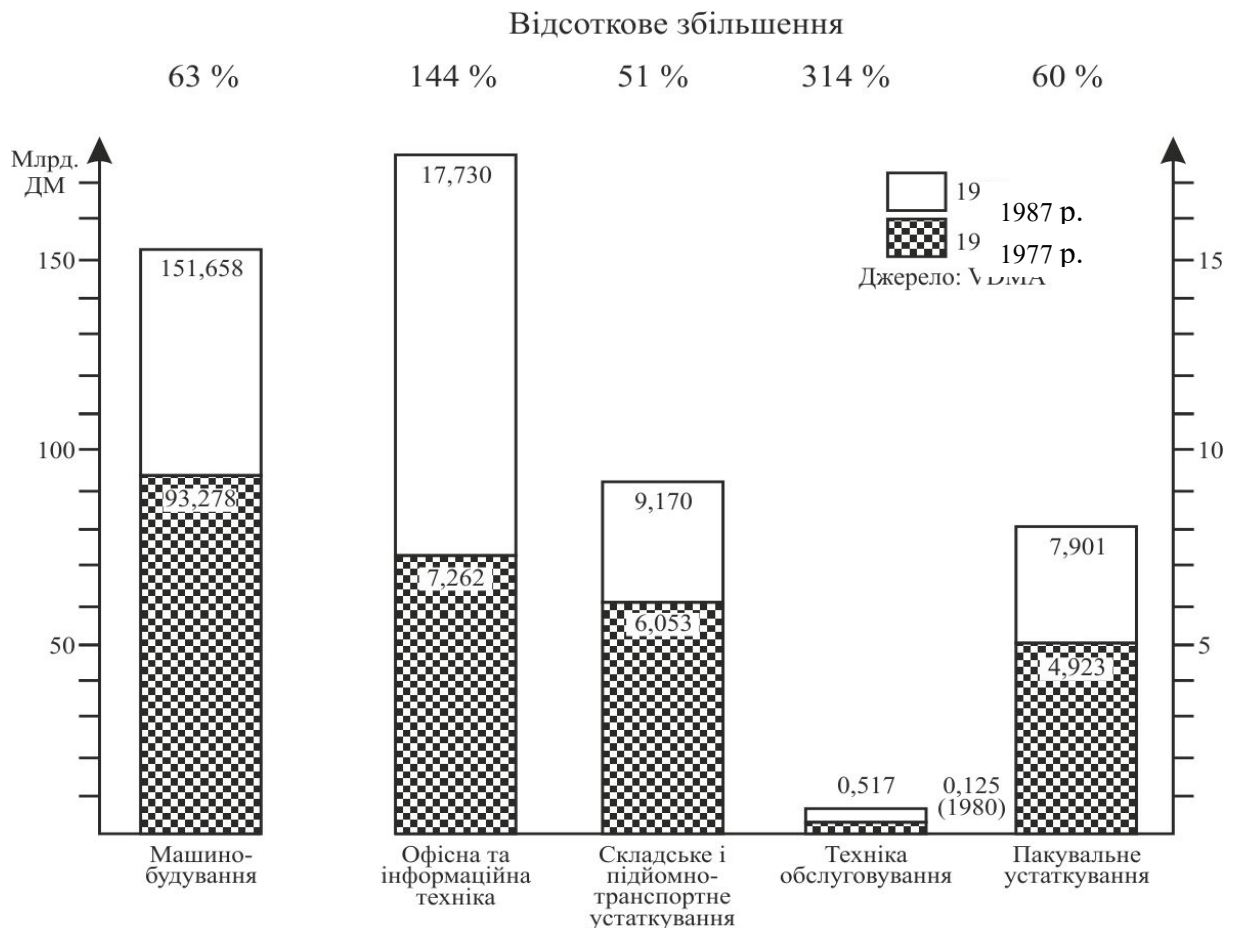


Рис. 1.13. Виробнича вартість засобів праці, які застосовуються в логістичних системах (1978 і 1987 роки), у порівнянні з машинобудуванням (Німеччина)

1.4.1. Вертикальна будова логістики підприємства.

З погляду логістики в підприємстві розрізняються три вертикальних площини:

- площина менеджменту;
- площина логістики;
- площина потоку матеріалів.

Площина менеджменту є найвищою площиною в підприємстві. Відповідно до наскрізної функції логістики на цій площині в майбутньому повинні перебувати відповідні відділення стратегії й планування. Наприклад, саме тут має розташуватися логістика контролювання.

Площина логістики займає середнє положення. Тут сприймаються завдання керування матеріальним потоком, а також виконуються адміністративні й стратегічні завдання й завдання розміщення, які стосуються сфер діяльності логістики. Окремі

області завдань цієї площини знаходять висвітлення в горизонтальній побудові логістики підприємства.

Нижнім щаблем вертикального поділу є *площина матеріального потоку*. На ній відбуваються повний матеріальний потік, а також усі операції, що стосуються цього потоку. При цьому матеріальному потоку – аналогічно логістиці – належить у підприємстві роль наскрізної функції.

Таким чином, обидві ці функції, матеріальний потік і логістику в підприємстві, можна визначити в такий спосіб:

- Матеріальний потік і логістика займають різні ієрархічні площини й обоє мають сприйматися як наскрізні функції.
- Логістика – це планування, керування й нагляд за матеріальним потоком і об'єктами й проведення стосовно них операцій інформаційними засобами.
- Матеріальний потік – це оперативний процес. Він поєднує в єдиний ланцюг усі області підприємства й при цьому формується за допомогою логістики.

1.4.2. Загальна будова логістики підприємства.

У підприємствах загалом розрізняють *Системи інформації* та *Системи керування*.

При цьому однозначно розмежувати їх неможливо, тому що персонал або засоби інформаційного потоку в системах інформації часто сприймають завдання керування, а в системах керування – завдання інформації. Залежно від того, чи переважають завдання керування або завдання інформації можна відповідно говорити про системи керування або системи інформації. Відповідно до класичних рівнів на оперативному рівні потоку матеріалів переважають класичні системи керування.

При об'єднанні вертикальної і горизонтальної системи логістики підприємства створюється загальна будова у вигляді двовимірного поділу підприємства (рис. 1.14). Всі області логістики з'єднані інформаційними стрілками з утворенням чіткої структури зв'язків.

Більшість промислових підприємств не мають власної області транспортної логістики, завдання транспорту найчастіше вирішуються у транспортно-економічному підприємстві як у самостійній логістичній області.

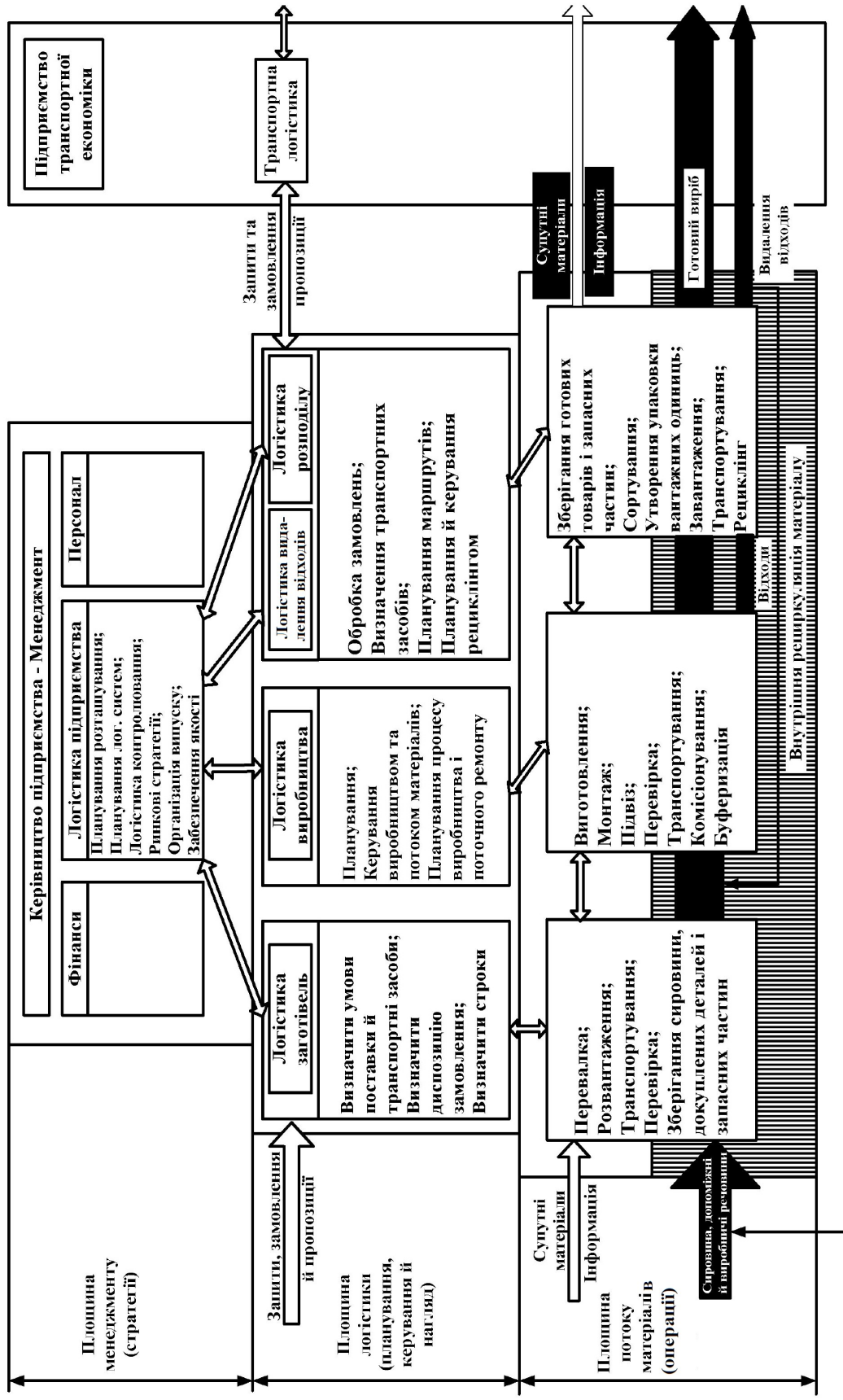


Рис. 1.14. Будова логістики підприємства

На *площині менеджменту* промислового підприємства поряд з областями персоналу й фінансів перебуває логістика як наскрізна функція. На цій площині, наприклад, вирішуються також питання планування місця розташування, забезпечення якості, ринкової стратегії, організації побудови й випуску, а також логістики контролю. Ці завдання у зв'язку з їхнім першорядним значенням для підприємства варто кваліфікувати як операції менеджменту.

У *площині логістики* окремі області логістики описаного горизонтального поділу пов'язані між собою наскрізним, ієрархічно розділеним потоком інформації, що формується із зовнішніми підприємствами за допомогою запитів, замовлень і пропозицій.

Площина логістики за ієрархією веде вниз до матеріального потоку у підприємстві. Вся інформація, що надходить під час процесу матеріального потоку, переробляється площиною логістики.

Площина *матеріального потоку* утворює основу загальної побудови логістики підприємства. Матеріальний потік після виробництва розщеплюється на потік готових товарів (які розподіляються) і потік відходів. Останні піддаються рециклінгу, що здійснюється на тому самому підприємстві або поза ним, або залишають підприємство й утилізуються належним чином.

Логістика видалення відходів містить ті ж завдання, що й логістика розподілу. Тому обидві ці області організаційно об'єднані, хоча й утворюють окремі ланки. Як при видаленні відходів, так і при дистрибуції товари необхідно зберігати, обслуговувати, пакувати та відвантажувати. Незалежно від того, чи представляють собою товари, що залишають підприємство, готові вироби або відходи, замовлення повинні мати кінцеві значення, назву транспортних засобів та конкретні маршрути. У спеціальні інтереси логістики видалення відходів входить тільки рециркулювання.

Матеріальний потік зв'язує всі області підприємства, тобто ті операції, через які проходить матеріал. Операції матеріального потоку показані на рис. 1.14 незалежно від того, чи створюється товар, причому їхнє перерахування може бути розширене відповідно до профілю підприємства. Інші потоки об'єктів (людей, енергії), пов'язані із промисловими підприємствами, не

можуть відігравати таку вирішальну роль як наскрізні функції, тому вони не будуть розглядатися докладно.

1.4.3. Економіка виробництва й логістика в підприємстві.

При системно орієнтованому й оптимальному щодо витрат розгляді технічних і логістичних процесів матеріального потоку стає очевидною необхідність інтеграції всіх досліджень. Для окремих компонентів і процесів матеріального потоку на передній план виходить технічна оптимізація. Економічній і організаційній оптимізації сприяють дослідження в області логістики, орієнтовані на систему в цілому.

Наука про економіку й організацію виробництва робить структуру й порядок компонентів виробничої діяльності прозорою. Вона по суті є завданням систематизації складних виробничих процесів (охоплення, опис і аналітичне розчленування), що орієнтоване на придбання знань у зв'язку з прийняттям економічно значущих рішень.

Економічне ведення господарства на підприємстві означає використання виробничих ресурсів і відповідних засобів для досягнення певної дії або певного результату. Під економічністю при цьому розуміється здійснення постійного вибору з альтернативних рішень для реалізації на підприємстві принципу економічності (постійна дія з мінімальними витратами або досягнення максимального результату при певних витратах).

Прикладна наука про економіку й організацію виробництва пояснює економічні взаємозв'язки усередині підприємства й з навколишнім середовищем і на цій підставі формулює реальне положення справ для прийняття рішень щодо формування виробничої діяльності. Завдання формування вимагає певні моделі рішення для планового прогнозування результатів. Однак моделі й теорії не можуть замінити рішень менеджменту. Завдання керівництва підприємства, менеджменту – привести підприємство за допомогою успішних виробничих рішень і заходів до досягнення наміченої мети (наприклад, забезпечення довгострокового існування підприємства).

Економіка підприємства в логістиці створює для заданих рішень економічно раціональну основу й формулює рамкові умови, якими вони обмежені (економічні рішення). Вона оцінює

альтернативи рішень і організаційно перетворює логістику у функцію підприємства.

1.4.4. Сфери завдань економіки виробництва в логістиці.

Логістичні рішення впливають на успішність підприємства. На рентабельність і ліквідність істотно впливають запаси сировини, що відповідають логістиці, і матеріалів і витрат на логістичні процеси. Запаси в підприємстві мають різноманітні причини (рис. 1.15). Переважають *резервні запаси*, призначені для покриття можливих ризиків у підприємстві.

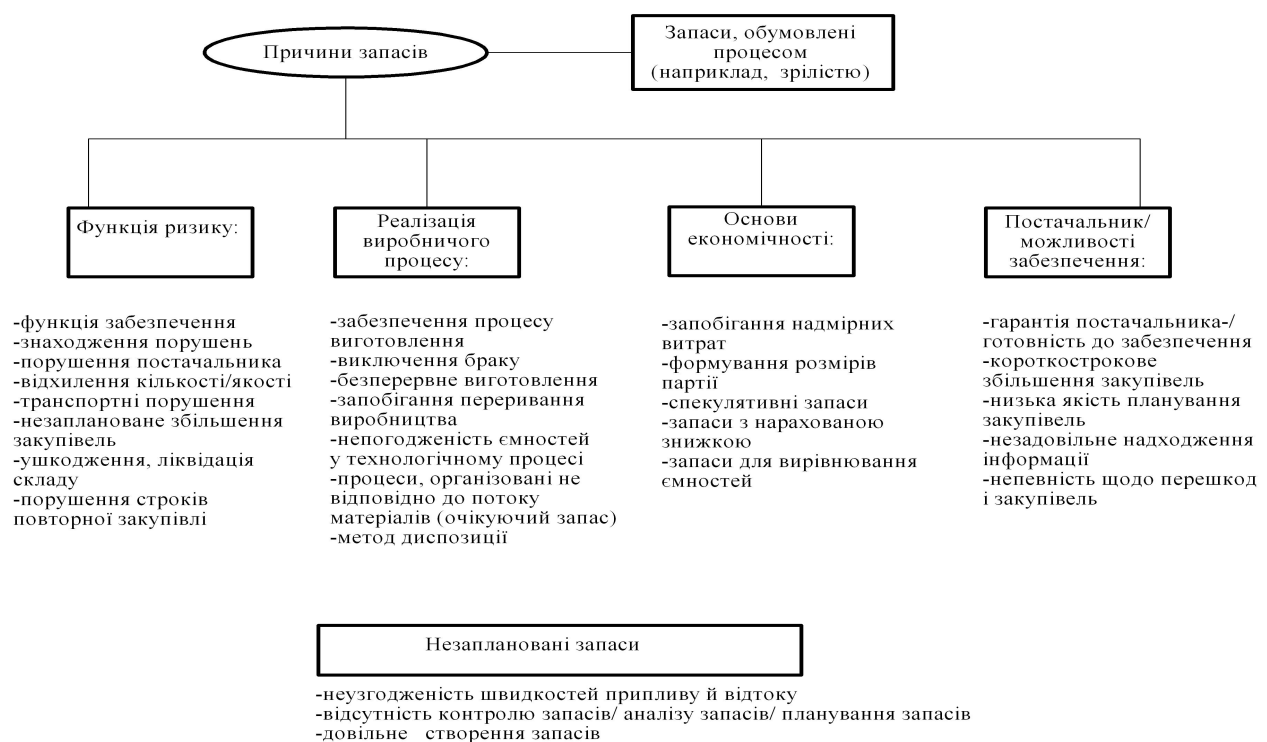


Рис. 1.15. Причини створення запасів на підприємстві

Поліпшення аналізу й керування має привести до усунення ненадійності у процесах матеріального потоку і тим самим – до зменшення запасів. Зменшення запасів вивільняє капітал і тим самим – інвестиційні ресурси. Скорочення часу проходження підвищує пропускну здатність і продуктивність. Доставка відповідно до потреб ринку є незаперечним знаряддям конкуренції й тим самим забезпечує досягнення цільового обороту.

На оперативному рівні матеріального потоку переважають класичні системи керування, у той час як на рівні логістики й

менеджменту для обробки стратегічних, диспозиційних і адміністративних завдань більше застосовуються інформаційні системи.

Під інформаційними системами надалі розуміються переважно системи, за допомогою яких інформація для завдань, наприклад, стратегії, планування й нагляду піддається стисненню, обробленню й надається для використання. Типовими інформаційними системами є, наприклад, системи контролю, які застосовуються на рівні менеджменту підприємства.

Виробничо-економічні аспекти логістики орієнтовані на прийняття економічних рішень, потрібних для досягнення цієї мети. Під дією, орієнтованою на рішення окреслюються три істотні поля завдань, у яких має діяти виробничо-економічна логістика:

1. Планування, керування й нагляд за економічністю також логістичних дій підприємств у межах логістики, контролювання, як система інформації й оцінення.

2. Формування логістичних областей функцій, рішень і розвитку на підприємстві з погляду організації будови й завершення.

3. Розробка стратегій і концепцій, що відповідають на питання про те, як логістика оптимально здійснює мету підприємства в довгострокових структурах заходів і дій.

Виробничо-економічні аспекти логістики охоплюють пакет залежних від галузі завдань підприємства (рис. 1.16).

Логістичний контролінг охоплює, аналізує, планує, керує й контролює процеси логістичних дій. При цьому логістичний контролінг стає інструментом, що постачає підприємству інформацію. Ця логістика встановлює критичні центральні цілі служб доставки й постачання, часи проходження, запаси й стерміни. Завдання логістичного контролінгу полягають у тому, щоб зробити прозорими пов'язані із цим показники витрат і продуктивності, показати походження вартості, схильність до впливів і можливості розрахунку (рис. 1.17). Ця логістика стає у господарстві вимірною, створюється економічна основа для прийняття рішень (при конфлікті сфер і для координації протилежних залежностей).

При цьому логістичний контролінг повинен, з одного боку, забезпечувати постійний контроль економічності, тобто постійно перевіряти види витрат, місця виникнення витрат і, за необхід-

ності, перевіряти, чи узгоджуються заплановані витрати на логістику з фактичною динамікою при розрахунку витрат на логістичні послуги, чи можуть відповідні логістичні послуги бути надані з мінімальними витратами.



Рис. 1.16. Поля завдань у логістиці економіки підприємства

З іншого боку, необхідно завчасно надати істотну для прийняття рішень інформацію щодо запланованих необхідних методів і нових інформаційних інвестицій, заходів щодо пристосування до умов роботи, що змінилися, й узгодження з іншими підрозділами підприємства. Повинно бути без проблем представлене інструментальне оснащення логістичного контролінгу (рис. 1.18).

Логістичний контролінг має передбачати створення на основі залежностей прозорості й огляду координації й керування економічністю. Для цього він повинен мати на увазі майбутнє, мету, вузькі місця й рішення.

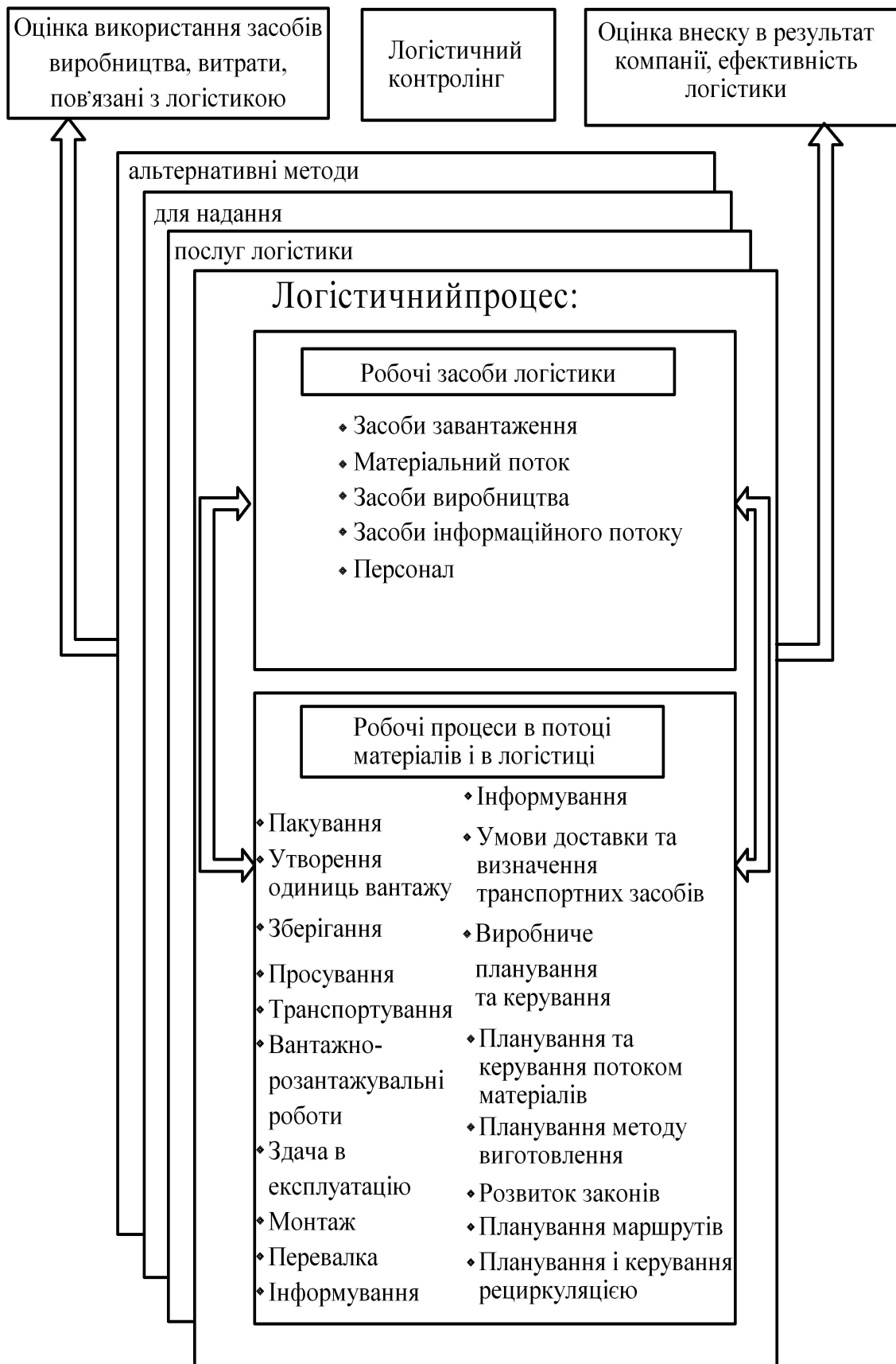


Рис. 1.17. Логістичний контролінг і логістичний процес

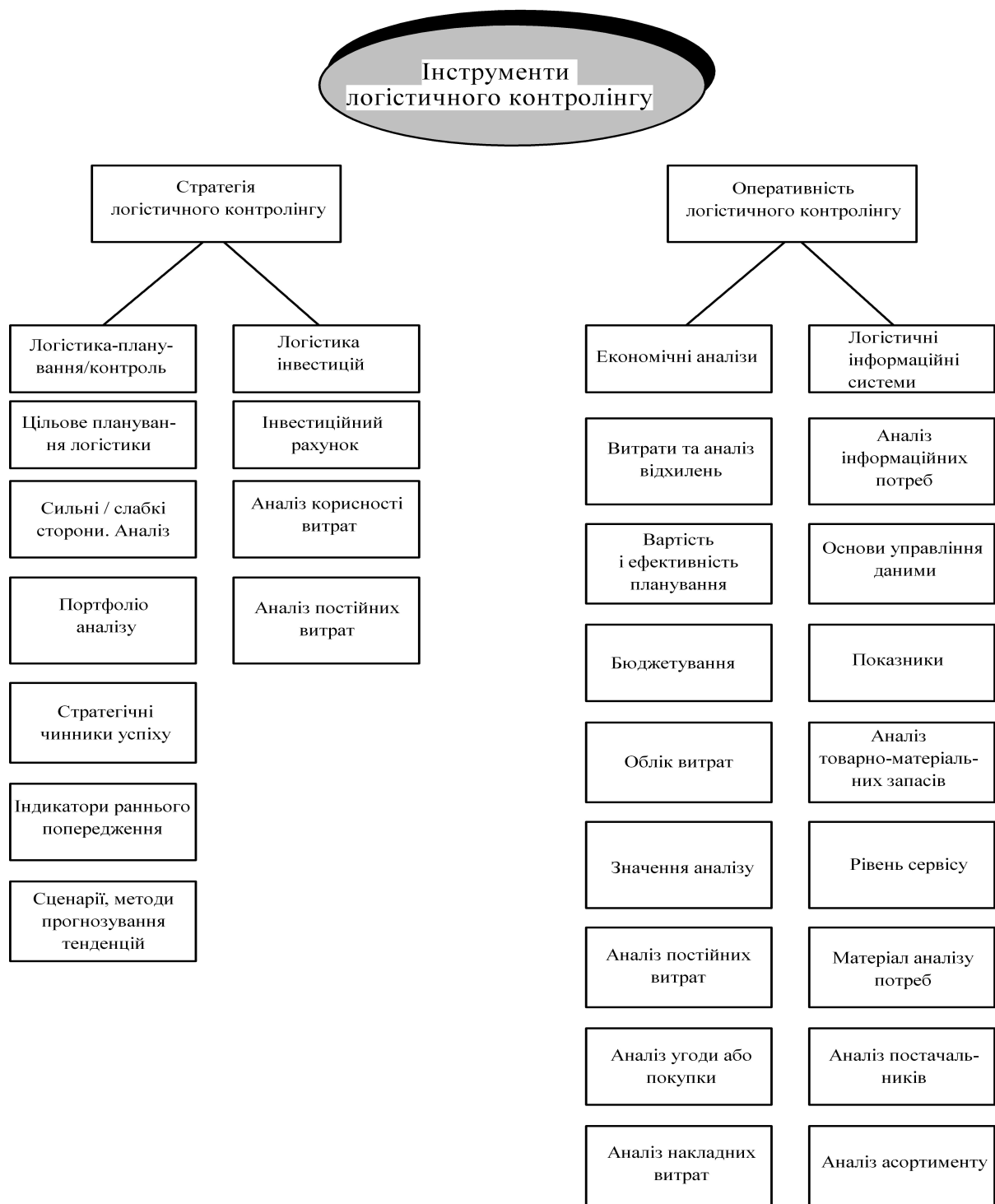


Рис. 1.18. Інструменти логістичного контролінгу

Це, а також недостатня інформаційна змістовність, орієнтована на минуле, неврахування технології й матеріального потоку традиційною звітністю підприємства і вказують на необхідність змістовного логістичного контролінгу, що слід побудувати в найближчі роки.

Для цього, поряд із іншим, потрібні розрахунки витрат на логістику й на логістичні послуги як окремий розрахунок із залученням наявних даних звітності. Види логістичних витрат необхідно розділити й показати динаміку витрат. Витрати на логістику й місця надання логістичних послуг – це параметри додаткових витрат, причому все-таки не слід недооцінювати проблематику усіх витрат на логістику.

Віднесення витрат до місць витрат на логістику й далі – до витрат на логістичні послуги може бути зроблене безпосередньо через одиничні витрати, наприклад, зв'язування капіталу. Однак переважна частина витрат на логістику може бути віднесена до витрат на послуги лише побічно, через місця виникнення витрат. Диференційоване охоплення і структурування процесу надання послуг для відповідного місця виникнення витрат на логістику мають показувати фактори визначення послуг і витрат, а також одиниці виміру (наприклад, тонно-кілометри, швидкість оборотності запасів і т.п.) і ключ для розрахунку при розподілі (наприклад, інтенсивність маніпулювання), щоб включити витрати відповідно причинам їх виникнення. Метою є перенесення на логістику певних витрат, які при традиційному обліку включаються в загальні витрати, у керовані й пов'язані з послугами одиничні витрати.

1.5. Показники й стратегії

1.5.1. Системні величини

Системні величини поділяються на основні й похідні. Головні основні системні величини матеріального потоку:

Час (с, хв, год, діб). Розрізняють момент часу настання події й часовий період (тривалість події). У логістичних системах ці основні величини виступають як терміни й час виконання. Штучні товари виступають як одиниці вантажу, наприклад, як дискретні події в системі. Події можуть у загальному випадку відбуватися *дискретно* або *безупинно*.

Шлях (км, м). Логістичні предмети як об'єкти піддаються процесу трансформації шляхом зміни їхнього місця розташування.

Для цього прокладають відповідні маршрути. Розрізняють чітко задані й варіабельні шляхи.

Кількість (кг, м³). Кількість вимірюється в обсязі, масі або числі. Наявність характеризує кількість артикулів у процесах матеріального потоку.

Сорт. Сорти слугують для відокремлення й ідентифікації об'єктів і позначаються іменами й символами. Розрізняють одно-сортіві й багатосортіві проблеми, причому останні варто розглядати як виробничу практику.

Важливі *похідні* величини матеріального потоку й логістики викладені нижче:

Залежні від часу параметри маршруту визначають тривалість процесу трансформації об'єкта. Розрізняють у загальному випадку миттєву швидкість і середню швидкість у системах. *Прискорення* часто відіграють значну роль при визначенні параметрів засобів праці. Залежні від часу параметри кількості – це напруженість матеріального потоку й пропускна здатність. У той час як напруженість потоку символізує миттєве значення, для пропускної здатності важливий заданий відрізок часу. Для штучних вантажів у матеріальному потоці пропускна здатність залежить переважно від регулювання виїзду на з'єднаннях і перехрестях. У комплексних мережах максимальна пропускна здатність може бути обчислена тільки за допомогою комп'ютерного моделювання. Пропускна здатність відіграє важливу роль в індустріальних логістичних системах, оскільки процес створення товарів і потужність матеріального потоку мають бути узгоджені один з одною.

Наступними важливими параметрами для логістичних систем є вартість, якість і сервіс (рис. 1.19).

1.5.2. Логістичні стратегії

Питання логістичних стратегій необхідно більш детально розглядати для промислових підприємств. Успішні підприємства відрізняються цілеспрямованою й наступальною стратегією ведення справ. Ця стратегія орієнтована на постійне створення конкурентних переваг через усе більшу світову конкуренцію. Головним чином переслідується така мета – шляхом послідовного, клієнт-орієнтованого вдосконалення товарів і послуг розвивати

компоненти успіху на ринку: ціну, якість, сервіс – вигідні в порівнянні з конкурентами. Особливо у сферах з низьким диференціюванням характеристик товару й показників якості вирішальною конкурентною перевагою є досягнення в сервісі, такі як надійність, дотримання термінів, гнучкість, готовність до відправлення.

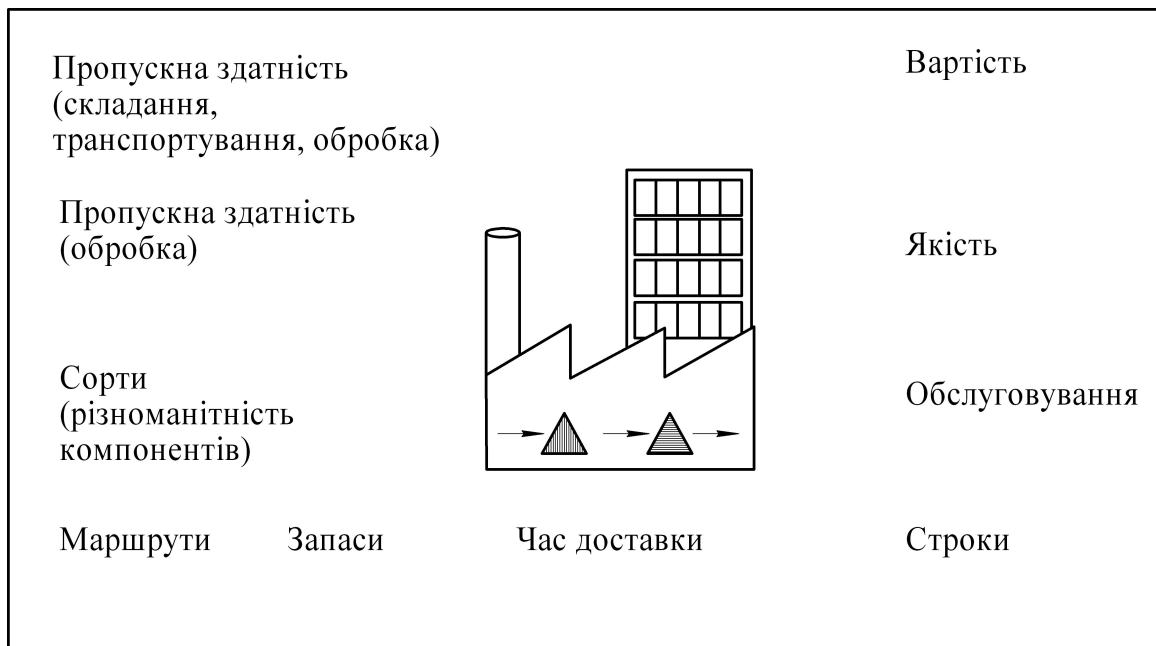


Рис. 1.19. Важливі системні величини логістики

Джерела конкурентних переваг різні. Лише 20 % переваг походять із раціоналізаторських заходів щодо заміни робочого персоналу, ще 40 % забезпечуються новими технологіями виробничого процесу й устаткування. Ще залишаються 20 %, які відносять на рахунок структурного потенціалу виробництва. Цей структурний потенціал задається вибором місця розташування виробництва, структурним розподілом підприємства, поліпшенням наглядом за матеріальним потоком на підприємстві й більш якісним менеджментом відносно робочого персоналу, тобто логістичними принципами мислення й концепціями рішень.

Хоча логістичний потенціал і його здатність давати конкурентну перевагу в загальному випадку виявляються у ході виробництва й дослідженнях, сьогодні логістика усе ще не отримує на підприємствах належного визнання. Логістичні рішення проблем розглядаються лише оперативно й у край рідко

приймаються до уваги при створенні стратегії підприємства, як і окремих функціональних стратегій. Так, наприклад, інвестиція у гнучкі технології виготовлення може не призвести до бажаного збільшення продуктивності, якщо необхідне гнучке узгодження підготовки матеріалу не відбувається разом з відповідним рівнем автоматизації матеріального потоку.

Кампанії щодо скорочення запасів є ще одним прикладом найчастіше недостатньо розглянутих стратегічних вимірів логістики й відсутнього узгодження її мети з метою підприємства. Якісний розгляд ціноутворення з урахуванням запасів показує, що у мінімізації запасів існують економічно обумовлені межі (рис. 1.20).

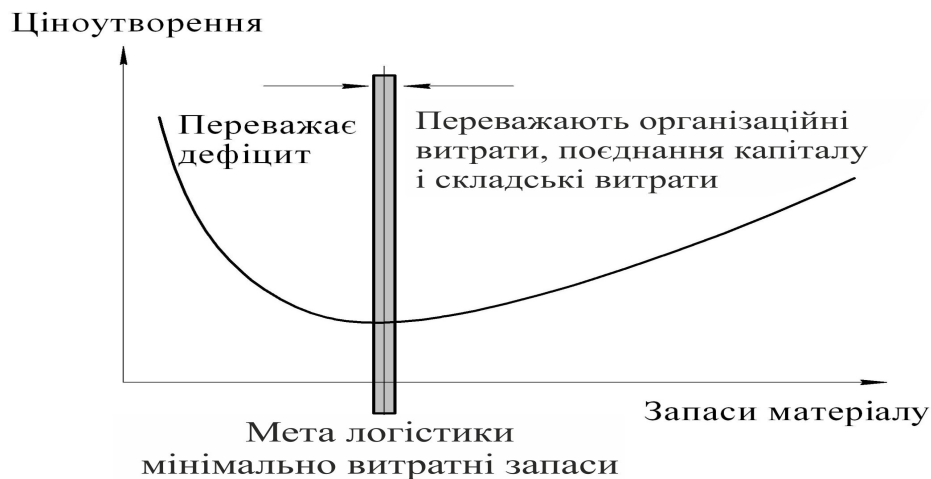


Рис. 1.20. Якісне ціноутворення залежно від кількості запасів

Якщо матеріальні запаси відносно великі, вони збільшують ціну головним чином за рахунок організаційних витрат, зв'язування капіталу й складських витрат. Ці витрати коливаються залежно від власного досвіду підприємства від 15 до 25 % величини запасів. При зменшенні матеріальних запасів і перетинанні межі мінімально витратних запасів загальні витрати істотно зростають, оскільки в цьому випадку превалює дефіцит через недолік матеріалу й замовлення не може бути поставлене. Стратегічне й оперативне завдання логістики — погодити запаси сировинного матеріалу, напівфабрикатів і готової продукції. Досвід показує, що апеляція до продуктивності підприємства із кращими намірами, як наприклад, усереднене десятивідсоткове скорочення запасів, не може гарантувати стійкого успіху. Незабаром примусово знижений рівень запасів відновиться й внаслідок посилених тепер

всеосяжних міркувань безпеки навіть стабілізується на більш високому рівні. На основі аналізу рівня запасів за певний часовий період можна добре простежити їх зменшення й збільшення на хвилеподібній кривій.

Тривалих конкурентних переваг можна домогтися лише в тому випадку, якщо підприємницьке рішення приймається з урахуванням логістичної оптимізації скінченних величин узгоджено зі стратегією підприємства. Щоб зробити стійкий успіх підприємства реальним, необхідно позначити цілі, що приводять до успіху, координувати їх й розробити підходящу стратегію. При кожному рішенні або новому визначенні цілей потрібно аналізувати наслідки для цілісно розглянутого підприємства.

Логістичні скінченні величини, такі як час виконання замовлення, запаси або рівень сервісу, треба, однак, розглядати не статично, а погоджувати з відповідною ситуацією на ринку. Гнучка орієнтація на ринок і клієнта означає до того ж оптимізацію логістичних процесів. Для орієнтованих на ринок логістичних стратегій ці вимоги означають розвиток нових, більш здатних до адаптації методів. У зв'язку із цим на перший план виходить далекоглядна синхронізація матеріальних і інформаційних потоків. Міркування безпеки з тотальною гарантією (Just-in-Case – товар у кожному разі є в наявності) поступаються місцем міркуванням здорового ризику. Це вимагає нових концептів підприємства, які уможливлюють загальний логістичний ланцюг організації й обслуговування, що виходить також за межі підприємства.

Основним кроком на шляху до формування стратегії є аналіз і структурування детермінант конкуренто-стратегічного внеску логістики у виробниче підприємство, включаючи попередні й наступні стадії її підготовки й реалізації. Тут необхідно з'ясувати, які фактори успіху й результуючі з них конкурентні переваги може дати логістика для підприємства в погодженості зі стратегією підприємства. Відповідно до цього стратегічному менеджменту дають визначення вирішальної сили, що вносить конкурентоздатні логістичні концепти в підприємство й оперативно їх впроваджує. При цьому вирішальну роль відіграє логістичний контролінг із його специфічними техніко-економічними показниками.

На рис. 1.21 показано основні стадії формування логістики підприємства. *Цілі підприємства й стратегії підприємства, що є їх похідними, задають довгостроковий цільовий напрямок.* Підприємство встановлює свої цілі й визначає підходящі стратегії на підставі аналізу потреб клієнтів щодо сервісу, аналізу конкуренції й самооцінки підприємства по слабким і сильним сторонам. Виведення функціональних стратегій, наприклад стратегій маркетингу або логістики, відбувається в узгодженні зі стратегією підприємства. Наступний приклад побудови системи в рамках стратегічного логістичного планування вимагає розробки комплексу розгорнутих постановок питань і задає рамки наступної реалізації системи (див. рис. 1.21).

При основному виборі стратегії підприємства є вибір між трьома принциповими типами стратегій з метою досягнення конкурентних переваг:

- *всеосяжне керування витратами:* підприємство прагне стати найбільш економічно вигідним виробником у своїй галузі;
- *диференціювання:* підприємство пропонує диференційовані продукти й послуги, які вигідно відрізняються від конкурентів;
- *концентрація на ключових позиціях:* підприємство концентрується на особливих сегментах ринку, тобто робить і збуває певні продукти на обраних ринках.

Істотним фактором успіху у формуванні логістичної стратегії є її узгодження зі стратегією підприємства. Так, *принциповою логістичною стратегією* може бути як *мінімізація витрат*, так і *поліпшення продуктивності*, для прицільної підтримки стратегії підприємства (рис. 1.22).

Стратегічні потенціали логістики для зниження витрат – це, з одного боку, *капіталовкладення з метою раціоналізації*, наприклад, в автоматизацію техніки матеріального потоку або автоматизацію обробки інформації й системи керування. З іншого боку, до цих напрямків стратегії належать *заходи, спрямовані на зниження витрат*, наприклад, зниження запасів, запобігання надмірності й оптимізація споживання ресурсів.

Напрямок стратегії на *підвищення продуктивності* включає по суті *капіталовкладення в підвищення продуктивності й інформаційні системи й заходи для оптимізації структури*.

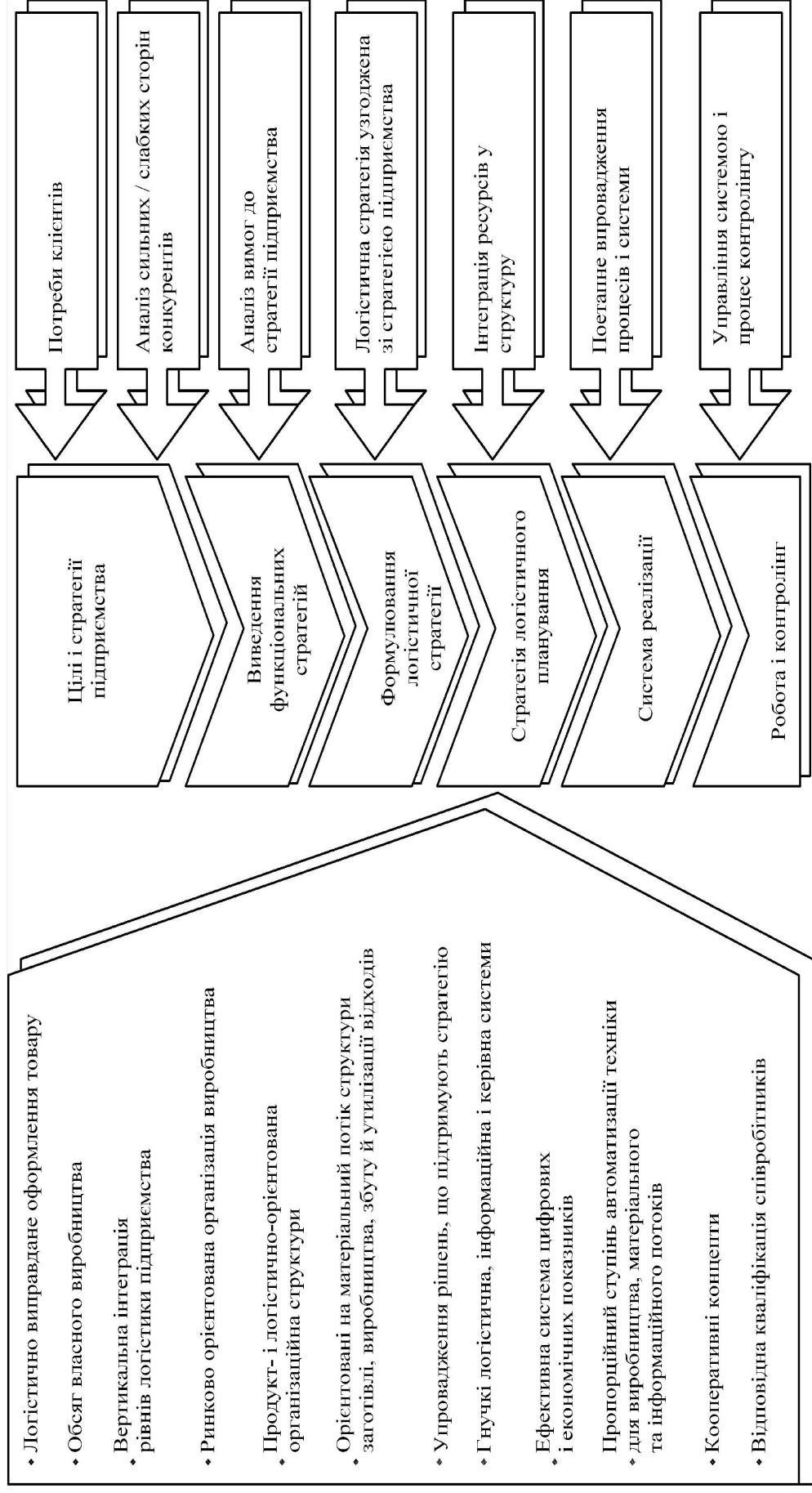


Рис. 1.21 Структура процесу формулювання логістичної стратегії

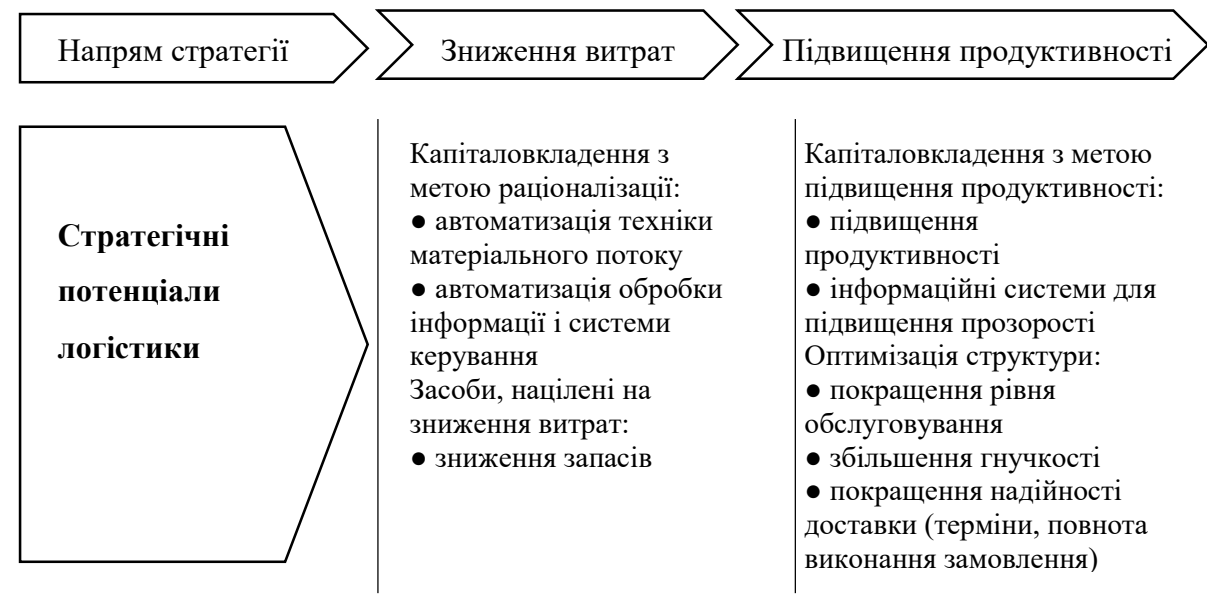


Рис. 1.22. Стратегічні потенціали логістики

Вони слугують меті поліпшення рівня обслуговування й надійності доставки, збільшення гнучкості й зменшення термінів доставки. Через особливості попиту клієнтів і зростаючого значення обслуговування, цей напрямок стратегії стає усе більш значущим.

Для промислового виробництва формування стратегії означає розроблення комплексної стратегічної й структурної рамки управлінських рішень. Ця рамка управлінських рішень вимагає як основу великий структурний й інформаційний аналіз. Прагнути потрібно до того, щоб відповідно до рис. 1.23 горизонтальний матеріальний і інформаційний потік можна було планувати, контролювати й керувати ним на всіх етапах у підприємстві: заготівлі, виробництва, збуту й логістичної системи утилізації відходів.

Інформаційно-технічне обґрунтування всіх функцій підприємства досягається за рахунок побудови ієрархічно структурованої автоматизованої інформаційної й управлінської системи і зв'язується з новою організаційною структурою, наприклад, зі створенням логістичних центрів керування. На підставі структури продукту й виробництва встановлюють різні рівні створення товару для кожного підприємства. При цьому мають у своєму розпорядженні вибір обсягу власного виробництва як структурного стратегічного потенціалу підприємства. Відповідно частка власного виробництва підприємства має значний вплив на застосовувані логістичні стратегії в заготівлі, виробництві й збуті.

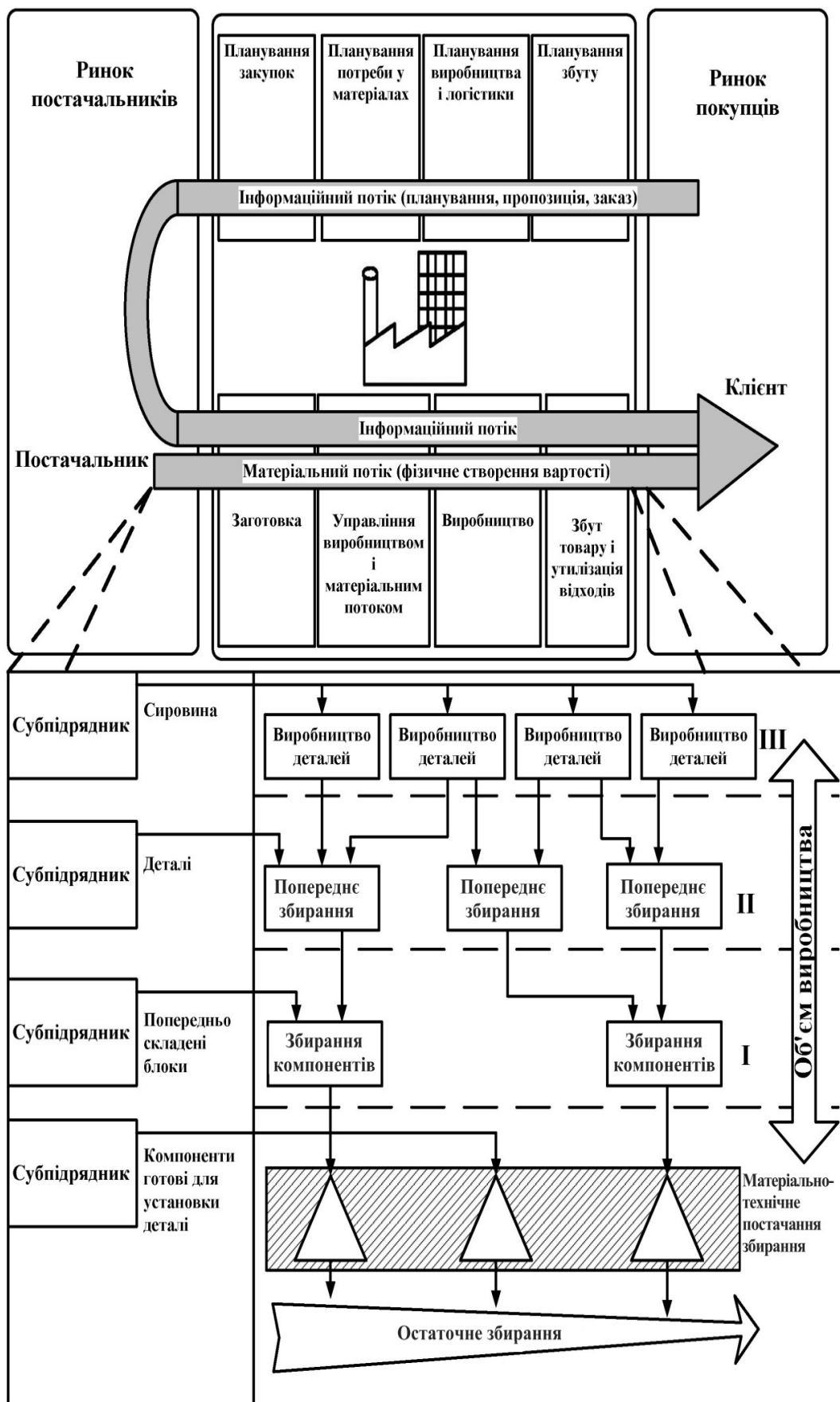


Рис. 1.23. Стратегічна й структурна рамка управлінських рішень

Різні постачальники автомобілів сьогодні постійно намагаються підвищити частку додаткових закупівель, так що частка їхньої участі у виробництві знизилася до 22 %. Якщо ця тенденція збережеться, вони стануть усе більше схожі на фабрики для складання.

Рушійними силами зниження обсягу власного виробництва є, наприклад, зниження загальних витрат шляхом оптимізації транспортного ланцюжка. Підприємницько-політичні принципи, як наприклад, забезпечення зайнятості й охорона «ноу-хау» у власному підприємстві, є протидіючими силами для цього.

На рис. 1.19 наведені важливі скінченні величини для логістичних стратегічних міркувань у промисловому підприємстві. Ці величини взаємно впливають одна на одну різним чином і вносять вирішальний вклад в успіх підприємства. Тому вони мають бути включені в логістичні стратегічні міркування. Це згодом розглядається детальніше.

У загальному випадку виділяють *час доставки*, *час виконання замовлення* й *тривалість виробничого циклу*. *Час доставки* – це час між надходженням замовлення й доставкою предмета замовлення. *Час виконання замовлення* охоплює час від диспозитивних і організаційних заходів щодо керування замовленням до доставки замовлення підприємством. *Тривалість виробничого циклу* відлічується від моменту поставки підприємству матеріалу для виконання замовлення й закінчується виконанням замовлення. Оскільки один продукт складається, як правило, з декількох деталей або блоків (сортів), визначається *середня тривалість виробничого циклу* для цілого замовлення, що оцінюється щодо ціни, обсягу або ваги й у часі починається з певного моменту фази заготівлі.

Скорочення тривалості виробничого циклу надає зазвичай великий раціоналізаторський потенціал. Підставою для короткого терміну виконання замовлення часто є великі запаси матеріалу. Останні, з іншого боку, приводять до високої тривалості виробничого циклу, так що оптимум повинен бути досягнутий шляхом узгодження обох термінів. Причинами великого терміну доставки й виробничого циклу є в основному наслідки терміну зберігання замовлення й матеріалів, обумовленого керуванням і потоком, які у свою чергу здебільше походять із очікування необхідних засобів праці (рис. 1.25).

Середній час виконання замовлення визначається відношенням середньої кількості виконання очікуваних замовлень до продуктивності засобів праці. Логістичне завдання – знайти економічну область компромісу, у якій не тільки добре використовуються

потужності засобів праці, але й запаси, час доставки й виконання замовлення прийнятно низьки (порівн. рис. 1.20). Ця область – це логістично оптимізований робочий діапазон виробничої системи.

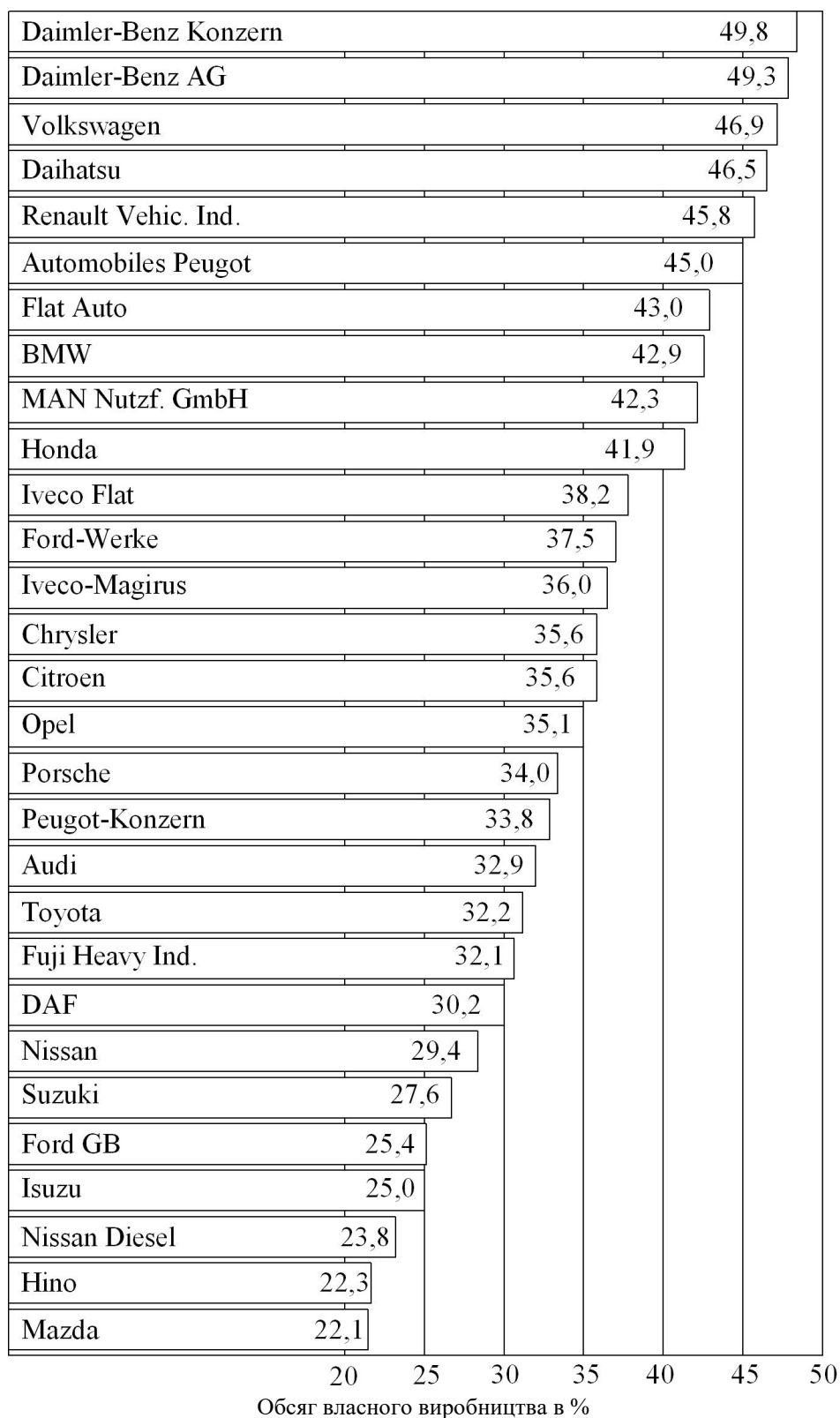


Рис. 1.24. Обсяг власного виробництва різних виробників автомобілів.
Джерело: Welt am Sonntag

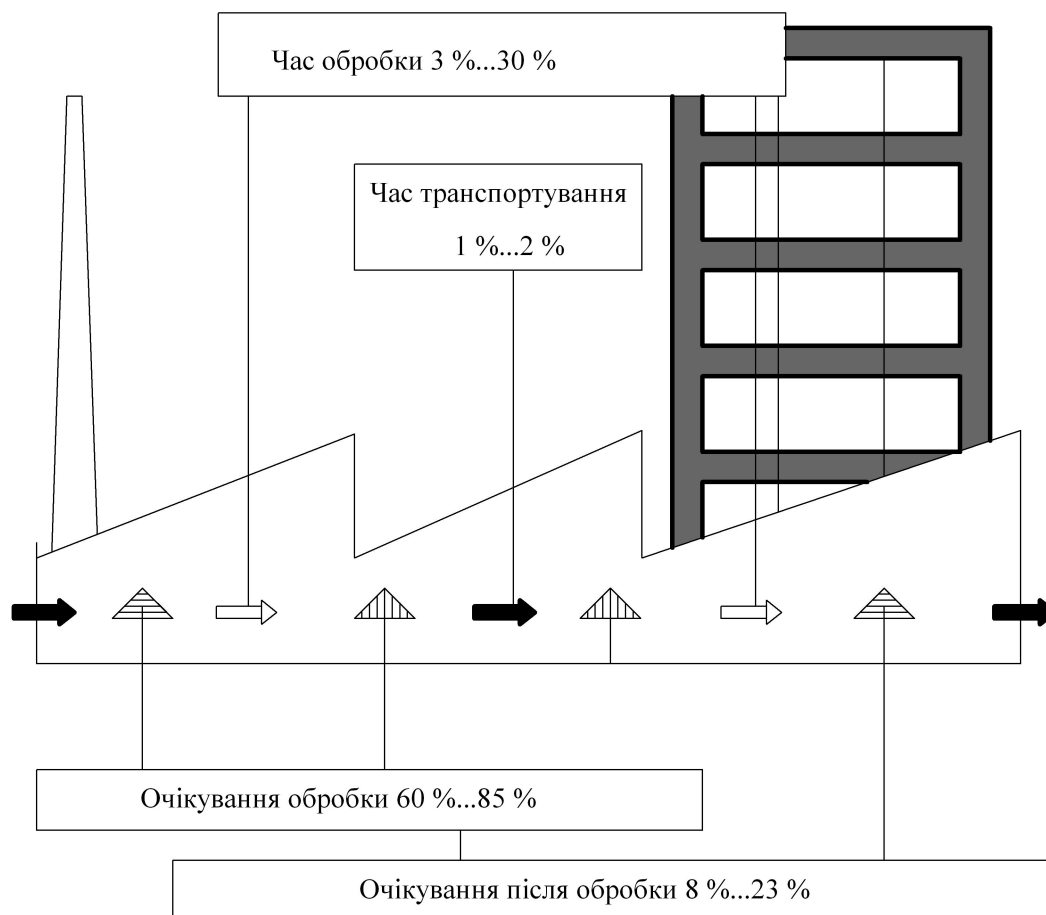


Рис. 1.25. Значний термін виконання замовлення через термін очікування матеріалу

Ефективне скорочення часу виконання замовлення може бути досягнуто лише тоді, коли разом з технологічними пристосуваннями (скорочення підготовчо-заключного часу, гнучке сполучення процесів, автоматизація) і узгодженням інформаційного й матеріального потоку також організаційно синхронізовані окремі операції у створенні товару.

Так, значний потенціал має скорочення часу виконання адміністративних і диспозитивних функцій підприємства. Найтриваліший час виконання замовлення виникає з того, що окремі процеси заготівлі, виготовлення й складання відбуваються послідовно, тобто коли одна фаза починається тільки тоді, коли завершується попередня.

Шляхом зміни форми організації із включенням актуальної інформації про статус замовлення матеріал виготовляється в такі строки, що він може бути відразу включений у збірну одиницю без тривалого часу зберігання й очікування. Це виробництво із

синхронним збиранням, в основі якого лежить принцип Just-in-Time, вимагає підвищених витрат на керування, однак веде до значного скорочення часу виконання замовлення й виробничого циклу й, таким чином, до зниження запасів матеріалу. Шляхом зміни стратегії розміщення для заготівлі, що приводить до синхронної з виробництвом заготівлі, можна у свою чергу досягти значного раціоналізаторського ефекту щодо виробничого циклу й запасів (рис. 1.26).

Скорочення запасів і часу виконання замовлення може бути досягнуто безліччю заходів. Для всіх застосовуваних стратегій справедливо, що фактор інформації, часто також із застосуванням комп'ютера, використовується ефективніше. Вихідна ідея використання інформації полягає в тому, що матеріал, який є в розпорядженні підприємства, повинен бути вільним. Потрібно прагнути до того, щоб усі матеріальні й інформаційні потоки були синхронізовані або навіть інформаційний потік випереджав матеріальний. Час, що можна виграти в цьому випадку, може бути використаний для того, щоб створити оптимальну координацію робочих операцій і робочих засобів, беручи до уваги багато обмежень (див. рис. 1.26).

Короткострокове здійснення бажань клієнта – це істотний фактор успіху підприємства. Для реалізації цієї вимоги необхідні, з одного боку, знання про вимоги клієнта до строків доставки й, з іншого, – адекватна оферта підприємства з можливістю запропонувати найкоротші терміни виконання й доставки. Рис. 1.27 показує на прикладах, як одне підприємство може реагувати на різні вимоги до терміну доставки відповідно різними стратегіями керування виробництвом.

При термінах доставки у два дні можна взяти замовлений товар зі складу готової продукції й відправити його. Виробництво залежить від споживання, накопичувач певного розміру відповідає за те, що ланцюжок матеріального потоку не розривається. При строках доставки сім діб можна відмовитися від великого складу готової продукції, тому що в такому випадку є прийнятним більш довгий час виконання замовлення. Деталі для виробництва й складання поставляє попередній накопичувач, що заповнюється відповідно попиту. Виробниче завдання виконується згідно замовленням аж до відправлення. У випадку третього ступеня

диференціювання замовлення виконуються протягом чотирьох тижнів. У такому випадку – при гарній організації – можна відмовитися від будь-яких накопичувачів і складів.

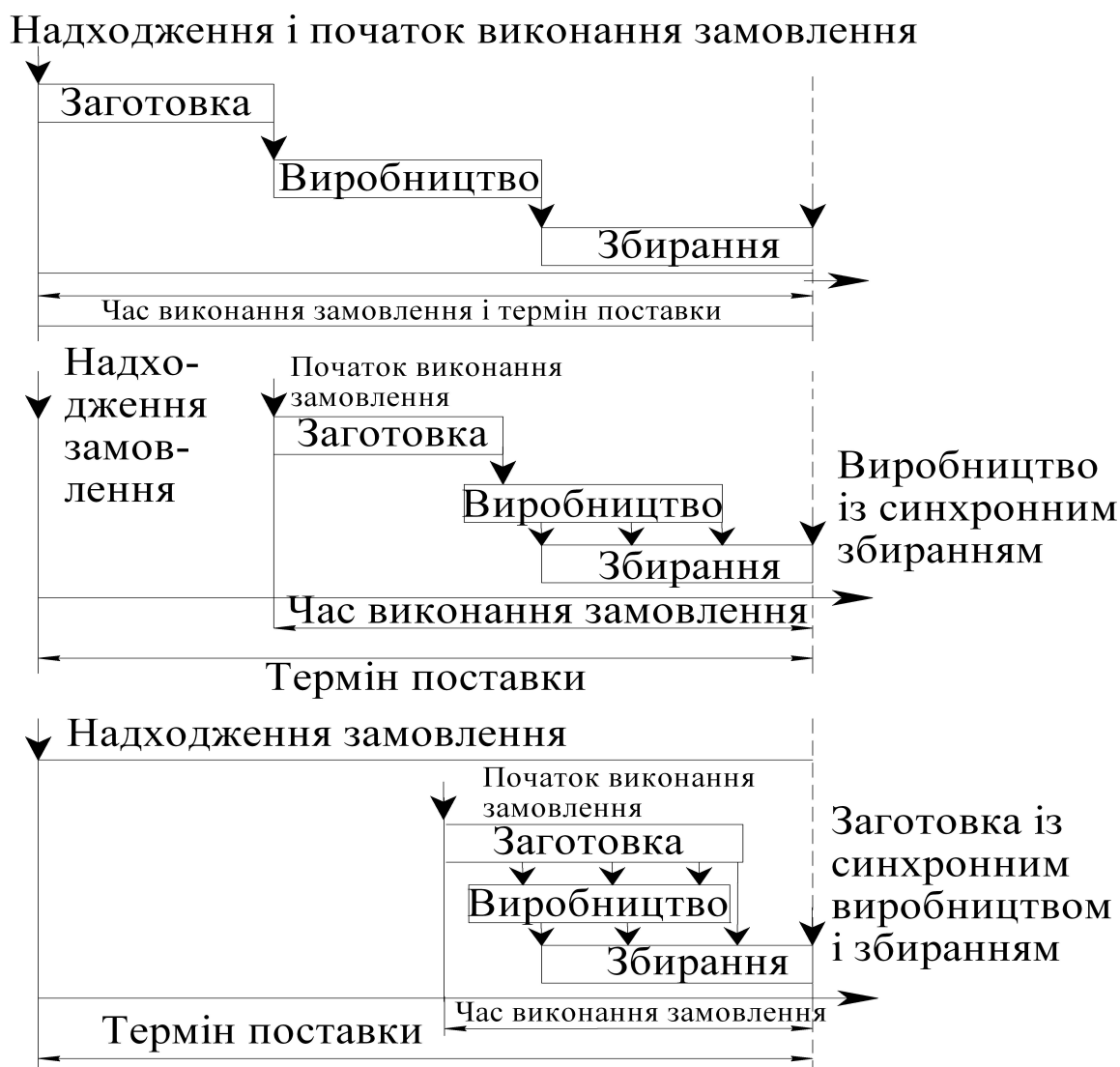


Рис. 1.26. Мета логістики: скорочення часу виконання замовлення

Виключення становлять, як і у двох попередніх прикладах, склади сировинного матеріалу: оскільки тут час поповнення запасів часто більше, ніж необхідні терміни поставки, цей склад повинен бути врегульований за допомогою планування виробництва й використання матеріалу.

Для втілення логістичних стратегій розвинено цілий ряд методологій. Їхній успіх залежить, з одного боку, від комфорту користувача й, з іншого, – від їхньої індивідуальної придатності до застосування. Такими методологіями є:

Канбан – децентралізація процесів планування й керування на основі саморегульованого (співвіднесеного із продуктом і процесом) ланцюга керування.

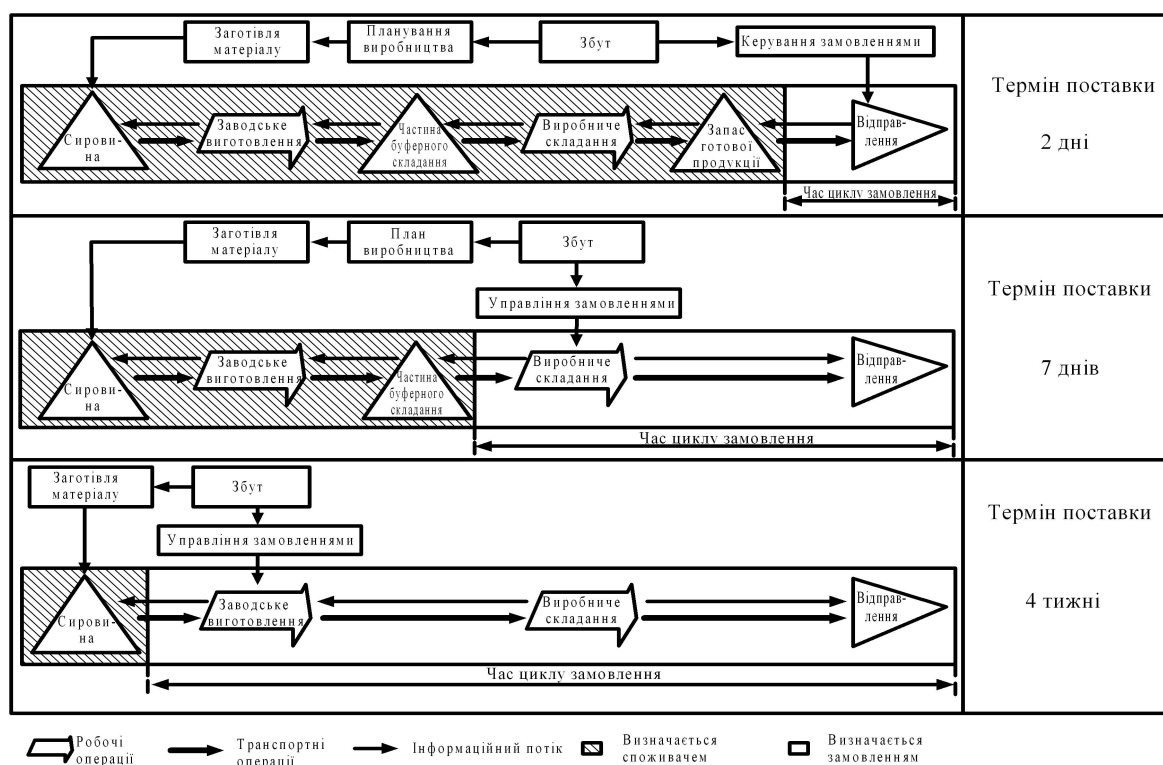


Рис. 1.27. Залежність способу керування від часу доставки

✓ Обумовлене навантаженням виконання замовлення: ґрунтується на виконанні виробничого завдання відповідно до запасів, виробничого заділу й навантажувального режиму.

✓ OPT (Optimized Production Technology) – оптимізована технологія виробництва – великий менеджмент-концепт із управлінськими системами для планування й керування виробництвом з урахуванням дефіциту.

✓ Fortschrittszahlen – інструмент планування й спостереження при широкій диспозитивній автономії постачальника, також для обмежених сфер виробництва.

✓ MRPS (Management Resources Planning System) – система, базована на суцільно централізованих концептах автоматизації, для виявлення попиту відповідно плану й замовленню для довгостроково прогнозованого виробничого процесу.

✓ JIT (Just-in-Time) – всеосяжний концепт для виробництва або монтажу відповідно попиту на поставку матеріалу.

1.5.2.1 Just-in-Time як всеосяжна логістична стратегія.

Виробництво Just-in-Time означає, що заготівля матеріалу на місцях використання повинна бути оптимізована таким чином, щоб матеріал поставлявся *точно в строк* і піддавався експлуатації без подальшого складування. Оскільки цей принцип має бути оптимізований для логістичного ланцюга постачання, виробництво на попередніх виробничих установках відбувається настільки пізно, наскільки це можливо, тобто синхронно з виробництвом на вимогу. Проходження цього методу дозволяє домогтися значної мінімізації запасів і скорочення часу виробничого циклу. Шляхом зміни диспозитивної стратегії заготівель, що веде до синхронної з виробництвом поставки деталей і заготівлі матеріалу, можна ще підсилити позитивні ефекти.

Розробку й впровадження ЛТ-виробництва можна вважати революційними. Точкою кристалізації при впровадженні ЛТ у Німеччині була сфера автомобілебудування, після декількох пілотних проектів підключилася й електроіндустрія. Автомобільна індустрія через специфічні економічні дані є першопрохідником у залученні постачальників у виробничі зв'язки. Обсяг виготовленої продукції при найвищих якісних вимогах і високій різноманітності варіантів вимагав тут раніше, ніж в інших галузях, нових логістичних концептів.

До впровадження рішень Just-in-Time підприємства вибудовували стратегії – купувати окремі деталі й перестраховуватися в декількох постачальників. Зі зростаючим розумінням раціоналізаторського потенціалу логістики підприємства більше концентруються на меншій кількості постачальників. Концепти для реалізації стратегії Just-in-Time вимагали тісного співробітництва між підприємством і постачальниками й з'явилися нові форми кооперації, які привели також до більш сильної залежності.

Якість і рівень сервісу – це вирішальні параметри для оцінення й вибору постачальника. При зниженні обсягу власного виробництва має місце об'ємна закупівля компонентів, які переважно є незалежними функціональними одиницями. Деякі ознаки вказують на те, що в майбутньому число постачальників знову збільшиться. Стандартизовані компоненти й інтерфейс інформаційних систем спрощують зміну постачальників. До того ж спостерігається тенденція перетинання державних кордонів

шляхом створення інтернаціональних зв'язків і Global Sourcing (рис. 1.28), тобто загальносвітового виробництва. Впровадження єдиного європейського ринку в 1992 р. ще більше інтенсифікувало цю тенденцію.

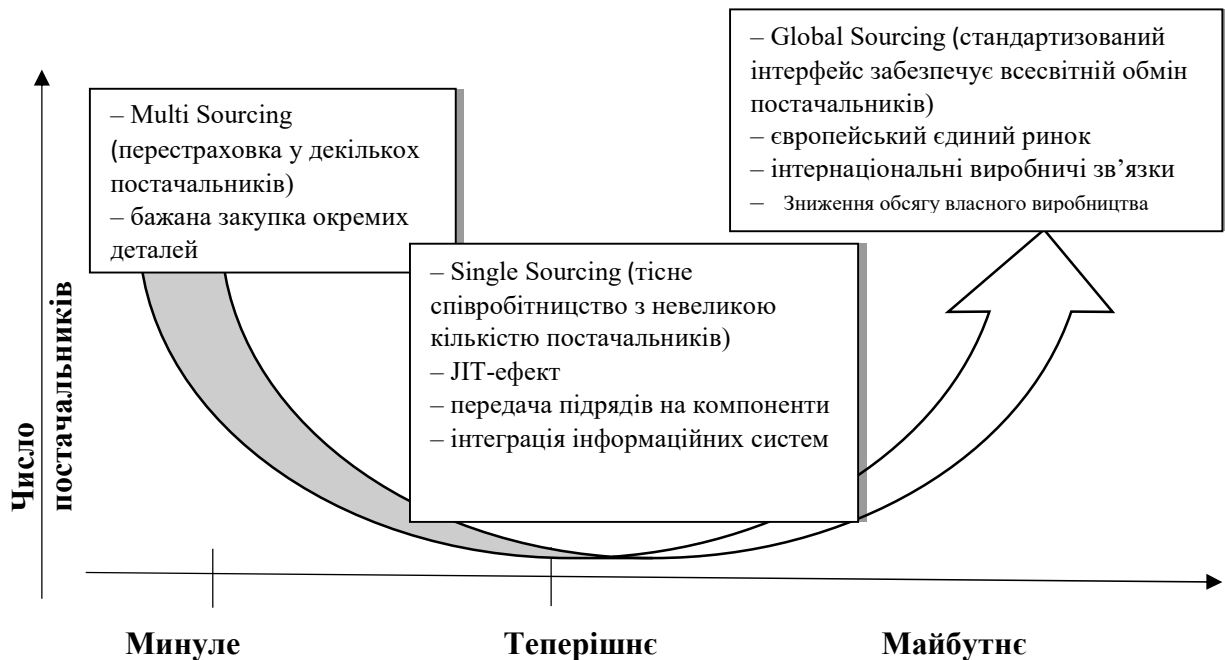


Рис. 1.28. Тенденції зміни кількості постачальників

Успішне впровадження ЛТ-виробництва припускає цілий ряд операцій планування й оформлення, якщо необхідно виконати істотні вимоги до послуг доставки. Ступінь виконання послуг порядку 98–99 %, що потрібно від постачальників автомобілів, не є рідкістю. Вибір підходящого концепту постачання вносить свій вклад у гарантування надійності постачання в умовах стислого часу виконання замовлення й малих запасів. Самою найважливішою формою прив'язки постачальників є пряма поставка. При ній оптимальний логістичний ланцюг досягається без проміжного складування й передачі відповідальності. Переривання ланцюга й, разом із цим, нестача постачання може бути відвернена лише послідовним інформаційним зв'язком.

Разом з інформаційним зв'язком вирішальним фактором успіху ЛТ є точність прогнозування обсягів і послідовності поставки. У США відхилення від прогнозованого обсягу поставки за тиждень до терміну доставки становлять до $\pm 25\%$ (для порівняння в Японії лише $\pm 1\%$). Ці небезпечно високі коливання

покриваються збільшенням запасів для вирівнювання ризиків. Аналіз структури запасів дає показові відомості про відправні точки для скорочення запасів. Шляхом збільшення частоти поставки й зниження обсягів поставки можна скоротити середній обсяг запасів без шкоди для сервісу.

Ідея Just-in-Time вимагає суворого скорочення традиційних складів до абсолютно неминучого мінімуму. Тенденція ясно йде від центрального виробничого складу, у якому зберігається весь багаторазово захищений товар, до децентралізованих, повністю автоматизованих, інтегрованих у виробництво гнучким накопичуванням, які показують високу динаміку обороту. Складу в майбутньому відійде функція короткострокової тимчасової перемички, що є неминучою для зрівноважування потужностей наступаючих одна за одною виробничих операцій. Внутрішньовиробнича реорганізація підприємства веде до продуктивної структури виробництва. Орієнтована на продукт, складена за груповою технологією технологія виробництва істотно зменшує поділ праці у процесі створення товару. Короткі маршрути з відповідно стислим часом виконання замовлення й високою своєчасністю стають у цьому випадку реальністю. Розглянуті галузі виробництва мають просту структуру з відносно простим логістичним і виробничим керуванням. Недоліками цього концепту є відносно висока спеціалізація продукту й, разом з тим, обмежена типова змінюваність, що може призвести до неоптимальної завантаженості виробничих потужностей.

При виборі постачальників вирішальними критеріями є якість, ціна, час доставки й гнучкість. Оскільки час виступає в ЛТ-поставці головною величиною оптимізації, в останні роки простежується тенденція розміщення постачальників поблизу виробників автомобілів. Деякі виробники навіть вимагають розміщення постачальників у своїй безпосередній близькості. Це прагнення до притягання веде до виразної структурної перебудови й концентрації постачальників біля місця розташування виробників автомобілів, що приводить до значних соціально-економічних змін і зростаючої залежності від галузі. Робоча сила в цих регіонах, незважаючи на частково високий рівень заробітної плати, стає дефіцитом. Альтернативні оптимізаційні розробки дають шанс також дистанційно розташованим постачальникам,

дозволяючи їм не змінювати своє старе місце розташування. Тому концепти JiT-in-Time-поставки на великих відстанях є найважливішими перспективами розвитку. У цих умовах поряд з виробничим фактором, що компенсує відсутність інформації, важливу роль відіграє інтенсивна кооперація як між постачальниками в одному виробничому зв'язуванні, так і між постачальниками й експедиторами.

Обсяг роботи експедиторів у такій кооперації сильно розширюється. Доручення виконання логістичних послуг третім особам стає тим більше цікавим для індустріальних і торгівельних підприємств, чим більше експедитори вживаються в роль підприємств з надання логістичних послуг. У цій функції вони переймають усе більше операцій у логістичному ланцюзі постачання, наприклад, складування, комісіонування, попереднє складання й пряма поставка за місцем призначення до підприємства-замовника. Через зростаючі вимоги відправників вантажу (промислових і торговельних підприємств) до логістичних послуг і відкриття європейського транспортного ринку усе більше експедиторів вважають себе зобов'язаними виконувати свої послуги за високим стандартом якості й індустріалізувати їх, як наприклад, служби кур'єрської доставки або експрес-служби, які пропонують комплексні логістичні рішення для своїх клієнтів. Ці рішення охоплюють, наприклад, такі послуги, як керування складом, включно з керуванням складськими запасами за допомогою відповідної обробки даних. Крім того, надаються послуги з керування й здійснення всіх товарних потоків, включаючи передачу інформації й прийом на себе подальших сервісних функцій, наприклад, упакування, маркування, покупку/продаж. Ці розширені послуги ведуть до повного використання раціоналізаторського потенціалу при скороченні численних пристроїв сполучення в ланцюзі постачання.

Отримані в автомобільній галузі знання усе більше застосовуються в інших галузях. Так, наприклад, в електроіндустрії з інтенсивним процесом складання знаходять застосування успішні ЛТ-концепти; наступні можливості застосування – торгівля з розвитком ЛТ-виправданих центрів розподілу товару. Для повного використання раціоналізаторського потенціалу часто має сенс уповновжувати експедитора надавати логістичні послуги (підпри-

ємства з надання логістичних послуг). Також у власному виробництві все частіше реалізуються ІТ-рішення.

Співробітництво між відправниками вантажу й експедиторами в майбутньому безсумнівно продовжить зростати. Разом з технологічною інтеграцією підсилюється організаційний зв'язок на основі переважно рівноправних інтересів. Цей зв'язок можна охарактеризувати поняттям кооперація. Виділяють три основні форми кооперації:

- об'єднання декількох підприємств однієї галузі;
- співробітництво між відправниками вантажу й експедиторами;
- об'єднання різних транспортних підприємств.

Оскільки *кооперація* між *одним* відправником вантажу й *одним* експедитором вже робить можливими раціоналізаторські ефекти, мабуть, синергічні ефекти можна ще підсилити, якщо *кілька* підприємств однієї галузі або *ціла* галузь іде на кооперацію з одним великим експедитором або їхнім об'єднанням.

При цій можливій змішаній формі бажаної кооперації експедитори могли б перейняти всі логістичні функції приєднаних підприємств із боку заготівлі й збуту. Досягні в такий спосіб надзвичайне фокусування й регулювання товарних потоків, як і можливість спеціалізації й автоматизації, дозволяють домогтися максимально можливого раціоналізаторського ефекту й поліпшення якості обслуговування.

До загальних ефектів кооперації у транспортному ланцюзі відносять такі:

- ✓ Прозорість запасів у транспортному ланцюзі підвищується.
- ✓ Запобігається надмірність логістичних операцій, наприклад, об'ємне й надлишкове складування на декількох рівнях транспортного ланцюга.
- ✓ Логістичні рішення співпрацюючих підприємств можуть бути координовані.
- ✓ За допомогою кооперації можна досягти економічної потужності єдиного підприємства.
- ✓ Технологічні можливості раціоналізації можна скоріше втілити у великих логістичних системах (автоматизація).
- ✓ Ефективні логістичні системи часто можна створити лише шляхом кооперації.

✓ Кооперація сприяє узгодженню планів між окремими логістичними системами відносно застосовуваних інформаційних технологій, засобів складування й транспортування.

✓ Поліпшена за допомогою кооперації логістична система дозволяє зменшити зв'язування капіталу, оскільки скорочуються як запаси на складах, так і запаси на транспортному шляху. Останні можна мінімізувати більше швидшим виконанням замовлення, оборотом і транспортуванням.

✓ Кооперація слугує однак не тільки для скорочення витрат, але й у тому числі для поліпшення продуктивності. У такий спосіб можна поліпшити, наприклад, якість послуг доставки й постачання.

✓ Вплив на самостійність підприємств, що скооперувалися, можна розглядати із двох точок зору. З одного боку, через кооперацію зменшується незалежність і конкуренція в економічних підгалузях; з іншого боку, через зниження витрат і збільшення продуктивності досягається економічний успіх, що навпроти – забезпечує незалежність.

✓ У загальному випадку й цілому можна прийняти, що кооперація веде до зростання гнучкості.

У кожному разі, коли мова йде про Just-in-Time-поставки, має місце максимально ефективна побудова складського господарства. У сфері відносин постачальник–приймальник, що є типовим для автоіндустрії, існує концепція ефективного складського господарства за концепцією зовнішнього заготівельного складу. Зовнішній заготівельний склад цікавий тоді, коли мова йде про деталі, не готові до безпосереднього транспортування за принципом потокового виробництва, й коли ця концепція приносить вигоду обом учасникам.

Для визначення економічно виправданого розміру партії у виробництві вирішальними є по суті міцність інструментів, витрати на переналагодження, постійні статті витрат на партію, а також розмір транспортної партії (компонент часу й обсягу продукції) і складські витрати. При цьому торговельний ризик постачальника за рахунок виробництва на складі й ризик застосування за рахунок зміни конструкції приводяться у відповідність. Необхідно перевірити, чи не використовується з погляду постачання кілька постачальників однієї деталі і як виглядає

розподіл квот і ритм заготівель складу або чи не можливо використовувати єдиного постачальника. Зовнішній заготівельний склад повинен приносити економічні вигоди як приймальнику, так і постачальнику. По суті при цій концепції надаються такі економічні вигоди:

- вигідне виробництво економічно виправданого розміру партії;
- більша прозорість запасів і централізація складського господарства;
- економія на фрахтових витратах.

Обчислювальні корисні ефекти, як наприклад, менше зв'язування капіталу й експлуатаційні витрати зовнішнього заготівельного складу, з погляду економіки можна протиставити його витратам.

Концепція зовнішнього заготівельного складу припускає закритий інформаційний ланцюг від постачальника через склад до приймальника. Необхідно організувати, з одного боку, транспортування від постачальника до складу й, з іншого, – підвіз від складу до приймальника. При цьому необхідно враховувати використання переваги у фрахтових витратах. Сьогодні все ще часто застосовується контроль якості як постачальником, так і приймальником, що може бути замінений на контроль лише постачальником, наприклад разом з інженерами з контролю якості від приймальника або передачею даних контролю якості (дистанційна передача даних).

Принципово, що керуючим зовнішнім заготівельним складом розглядають приймальника, постачальника або підприємство з надання логістичних послуг (експедитора). У кожному випадку потрібно з'ясовувати індивідуально, кому варто виконувати обов'язки керуючого.

У такий спосіб можна реалізувати ефективне здійснення логістичних процесів шляхом як всеосяжного розуміння ринково-орієнтованої логістики й зростаючого розмежування функцій, так і кооперації. Тут необхідні, з одного боку, розвиток поліпшених методів планування й пристрої, які враховують всі релевантні фактори впливу в концепції розповсюдженої, базованої на ІТ-принципах логістичної системи. З іншого боку, варто розвивати відповідне керування конфліктними ситуаціями, щоб уникнути втрат через незгоду між партнерами в кооперації.

1.5.2.2. Вимоги до реалізації логістичних стратегій.

Стратегічне мислення й діяльність у логістиці являють собою для багатьох підприємств новий вимір і вимагають розробки комплексних постановок питань і рішення об'ємних завдань. Причинами невдачі або ж перешкод для інтегрованих, стратегічно-орієнтованих логістичних рішень можуть бути:

- відсутні концепти й інструменти аналізу;
- високий поділ праці у проектах з планування;
- комплексна постановка завдання, що вимагає усе більше системного мислення від планувальника;
- існуючі в підприємстві інформаційні системи, які не надають необхідних даних і інформації;
- швидкий аналіз, що часто не надає бажану актуальну основу планування;
- занадто малий досвід планування в учасників;
- функціональні стратегії, не погоджені зі стратегією підприємства;
- швидкі зміни з потребою коротких циклів планування;
- існуюча організація підприємства;
- відсутність штабів планування в малих і середніх підприємствах.

Оптимальний пристрій і реалізація ефективних стратегічних концептів для транспортного ланцюга залежить від різних факторів. Так, галузь, складеність продукту, технологія й організація виробництва, а також передумови для розвитку керування мають вирішальний вплив на стратегію й логістичну організацію. Фактором, яким не можна зневажати, є до того ж індивідуальні передумови підприємства, тобто наявність підходящої особистості промоутера для міжвідомчих завдань з кооперації й координації. Застосування відповідної логістичної стратегії і її вплив на різні скінченні величини логістики мають бути сьогодні вивчені в комп'ютерному моделюванні системи (у рамках логістичної студії), перш ніж будуть вжиті стратегічні заходи.

1.5.3. Показники

Система цифрових і економічних показників повинна формувати істотну інформаційну основу й фундамент для стратегічного планування й логістичного контролінгу.

Економічні показники є основою оцінення системи й керування нею з поточним контролем економічної доцільності щодо

логістичних досягнень. До того ж її завданнями є надання важливої для прийняття рішень інформації для логістичних інвестицій, можливість пристосування до ситуацій, що змінюються, і узгодження з іншими напрямками діяльності підприємства. На рис. 1.29 подані обрані типові логістичні показники.

Тут також справедлива логістична вимога: потрібна інформація в потрібний час у потрібному обсязі у потрібному місці. Архів чисел у вигляді звітів в жодній мірі не допомагає логістичному менеджеру.

Концепти логістичних показників мають ґрунтуватися не просто на статистичних даних минулого періоду, а на очікуваних вимогах до продуктивності. Так, у статтю транспортних витрат мають рівною мірою бути включені й зміни структури постачальників, і зміни логістичної стратегії (наприклад, in-Time-поставки). Результатом є бюджет або концепція плану, у якій представлені порівняння *повинне бути/є й буде/повинне бути* для досягнення мети. Вимір успіху є завданням істотного збирання даних, оцінювання й підрахунків, що повинні бути вирішені з урахуванням логістичних витрат і розрахунку логістичної продуктивності.

Типові логістичні показники	
<ul style="list-style-type: none"> • готовність товару до відправлення; • рентабельність інвестицій; • ліквідність; • рух грошового потоку; • обсяг власного виробництва; • запаси; • час виконання замовлення; • показник тривалості складування; • обсяг виходу готової продукції; • логістичні витрати; • своєчасність виконання замовлення; • відсоток браку; • складські витрати; • транспортні витрати; • витрати з перевалки вантажу 	<ul style="list-style-type: none"> • фрахтові витрати; • обсяг складу; • ступінь використання складського приміщення; • ступінь завантаженості складу; • транспортна потужність; • ступінь використання транспортних засобів; • час циклу; • доступність; • безаварійність; • рівень завантаження; • потужність завантаження й розвантаження; • вантажний тоннаж; • пакувальна продуктивність

Рис. 1.29. Типові логістичні показники

Як величина, що характеризує логістичні досягнення, може також бути використане поняття *рівень сервісу, рівень транспортного сервісу або рівень постачання*. Рівень сервісу пов'язаний зі специфічними логістичними процесами утворення логістичних вигід і статей прибутків, тобто щоб зібрати дані про логістичні досягнення, необхідно заздалегідь логістично визначити замовлення. Ця вимога встановлює об'єкти, матеріали, місця призначення, строки й види пакування. Загальна виробнича потужність виражає у цифрах максимальний логістичний потенціал логістичних операцій. Необхідно при цьому пам'ятати, що виробничий потенціал вимірюється, наприклад, не тільки обсягом вантажного простору власного автопарку, але повинен включати й зовнішні ємності.

Істотним і часто недооціненим показником успішності є готовність до надання послуг. Готовність до доставки ґрунтується не тільки на фізично доступних запасах матеріалу, але й включає додатково інформацію про конкретну доступність. Це, наприклад, суворо встановлені обов'язки доставки або інші варіанти. Для того щоб інформацією про доступність можна було розпоряджатися, як фізичними запасами, потрібно мати вищий ступінь надійності на всьому протязі логістичного ланцюга.

Показники рентабельності, такий як прибуток з обороту, кращим індикатором потенціалу успішності підприємства, ніж простий прибуток. То, отриманий прибуток в 1 млн при обороті в 10 млн або ж при обороті в 100 млн, дає можливість робити певні висновки про прибутковість підприємства. Наступним важливим індикатором успішності є ROI (Return on Investment), що відображає дієвість застосовуваних для досягнення мети вкладень. Оскільки ROI бере до уваги, з одного боку, статті доходів і витрат у підрахунку прибутків і втрат, він надає гарні передумови для аналізу успішності підприємства також відносно логістичних факторів впливу, таких як величина запасів і частота обороту. Поряд з рентабельністю, ліквідність є другим ключовим критерієм гарантії виживання підприємства. Рух грошового потоку (Cash-Flow) є індикатором внутрішньої фінансової потужності підприємства, тобто якою мірою підприємство може діставати фінансові кошти за рахунок власної господарської діяльності.

Тобто, рентабельність і ліквідність як кінцеві величини контролінгу піддаються прямому впливу критичних логістичних величин успішності (запасів, часу доставки, рівня сервісу, частоти обороту). Наприклад, очевидна пряма залежність між запасами й ліквідними засобами: при інших рівних витратах, обороті, основному капіталі, за допомогою поліпшення обороту матеріалу, тобто шляхом більш інтенсивного використання запасів, можна вивільнити капітал.

Витрати на логістику охоплюють:

- зв'язування капіталу в запасах на всіх етапах виготовлення й зберігання;
- витрати на персонал і матеріальні витрати для розміщення потоку матеріалів і товарів (диспозиція закупівель, виробниче планування, керування складським господарством, виконання замовлень і доручень);
- витрати на фізичне здійснення потоку матеріалів;
- витрати на розробку, експлуатацію й обслуговування необхідних методів і інформаційних систем (рис. 1.30).

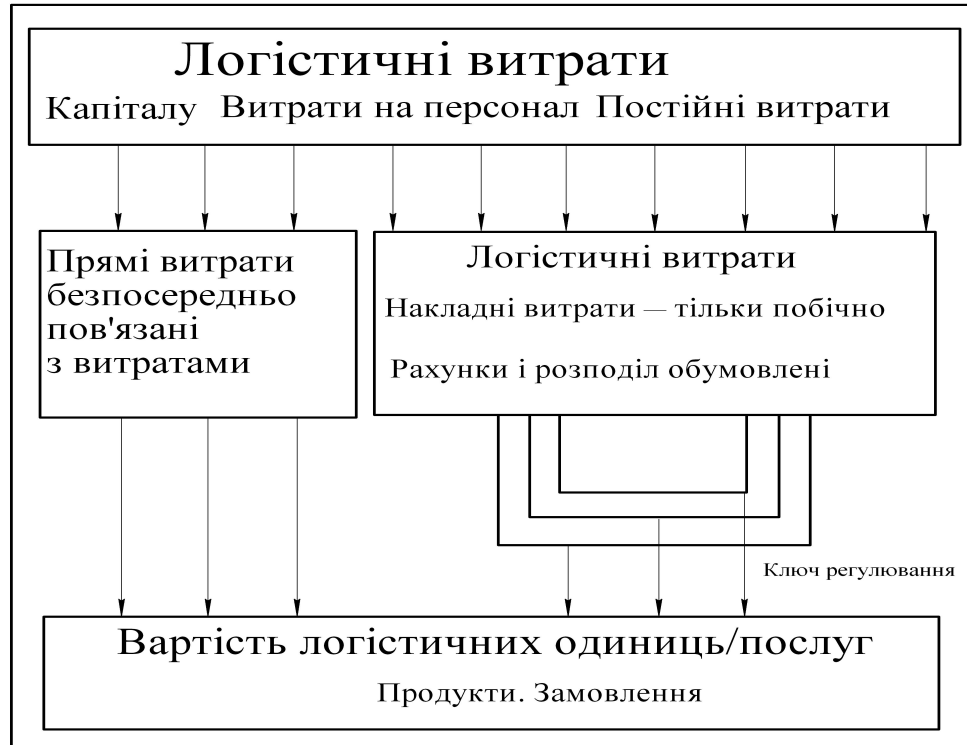


Рис. 1.30. Метод розрахунку витрат на логістику

Базою для логістичного контролінгу повинна стати одна із пристосованих до логістичних потреб система розрахунку. Інструменти аналізу розкривають слабкі місця й потенціали раціоналізації і створюють основи для логістичних рішень. Стають можливими диференційовані диспозиції у змісті економічного розрахунку розмірів партій при плануванні потреби в матеріалах. Для планування заходів потрібні порівняльні далекоглядні розрахунки економічності виробничо-економічних підстав для рішень про стратегію, методи й інвестиції.

Побудова організації являє собою формалізовану систему підприємства для прийняття рішень. Воно структурує істотні області завдань і зобов'язань логістики з ієрархічної й професійної точок зору. Саме організація логістики, що має різнобічні зв'язки з іншими функціями підприємства, не може бути створена поза зв'язком з організацією в цілому. Ієрархічне включення логістики в підприємство являє собою елементарне рішення з погляду організації вказівок і зобов'язань при обмежених ресурсах (наприклад, заняття обмежених технологічних ємностей конкуруючими замовленнями). Штабний підрозділ логістика, наділений скоріше координуючими функціями, безумовно не має компетенції, необхідної для проходження через професійні підрозділи. Можливо, велика кількість принципів структурування для організаційної побудови логістичних рішень згідно зі специфікою підприємства. Відповідно, загальноприйнятих правил і рецептів для формування цієї організації немає.

Постановка питань, які потрібно вирішити при будівельно-організаційному формуванні, стосується, наприклад, принципового підпорядкування логістичних функцій. На підприємстві з більшим числом сфер діяльності, із центром економії або прибутку логістика може бути побудована як центральна область або як область із децентралізованою функцією. Різні альтернативи формування є в межах підпорядкування певної області. Тут логістика може бути сформована щодо підприємства, щодо проекту або у підприємствах зі штучним виробництвом – щодо замовлення.

Для рішення проблем, що зустрічаються на підприємстві, сполучення або наприклад, узгодження виробничих замовлень із замовленнями клієнта, варто досягти ідентичності між

організаційною структурою й інформаційними потоками. Логістична організаційна структура встановлює метод бізнес-операцій і при цьому визначає інформаційний потік між окремими організаційними одиницями. Отже в логістичній організації виробництва панує принцип обов'язкового надання інформації.

Формуванню організації в кожному разі має передавати аналіз фактичного ходу подій з усіма інформаційними взаємозв'язками й ходом прийняття рішень. Повинні бути встановлені цілі, які має здійснити організація [7].

Системи керування можуть бути застосовані для керування процесами, персоналом, окремими засобами виробництва або групами засобів виробництва, які можуть працювати як комплексні установки. Вони можуть бути також частиною більш великих систем інформації.

1.6. Інформаційні системи

1.6.1. Завдання інформаційних систем

Наведені нижче пояснення щодо інформаційних систем відносяться головним чином логістичних інформаційних систем. Вони можуть бути перенесені як на виробничі підприємства, так і на логістичні підприємства.

У виробничих підприємствах інформаційні системи використовують головним чином на рівнях менеджменту й логістики для планування, керування й нагляду за логістичними процесами. Часто складовим елементом інформаційних систем є реєстрація даних на рівні матеріального потоку. Втім, у цих випадках прямий зворотний потік даних для *оперативного* керування засобами виробництва *відсутній*.

Сьогодні реалізовані на підприємствах інформаційні системи з ЕОМ-підтримкою зустрічаються лише як острівці й, отже, не охоплюють підприємство в цілому. Застосування інформаційних систем, які лише в часткових областях підприємства мають ЕОМ-підтримку, дозволяє, загалом, досягти значної раціоналізації. ЕОМ-підтримка інформаційної системи доцільна, у першу чергу, при обробленні, запам'ятовуванні й оціненні даних, адже дозволяє швидко оцінити великий обсяг даних і інформації. Однак у

майбутньому вона знайде все більше застосування і в областях реєстрації, видачі й передачі даних.

У майбутньому в кожному підприємстві будуть необхідні інформаційні системи, що охоплюють підприємство в цілому, включаючи людей, для процесів прийняття рішень, особливо на рівнях менеджменту й логістики.

Завданням інформаційних систем є надання в розпорядження приймаючих рішення осіб у підприємстві інформації в підготовленій і стислій формі, причому на передньому плані перебуває інформаційний характер системи. Це означає, що жодна інформація або дані не повертаються назад з метою прямого впливу на стратегічні або диспозиційні процеси в підприємстві в рамках керування. При цьому особливо важливо, що кожен, хто приймає рішення, в першу чергу одержує інформацію, вагому для його сфери. Важливими завданнями інформаційних систем є, наприклад, визначення навантаження на засоби виробництва, реєстрація показників окремих видів витрат і здійснення функцій контролювання. У результаті процеси, що впливають на успіх підприємства, наприклад процеси виготовлення або матеріального потоку, стають прозорими, що полегшує прийняття важливих рішень.

Як правило, робочий персонал інтегрований в інформаційні системи. Відповідно, важливим показником є те, що реєстрація або видача даних і інформації проводиться за допомогою засобів інформаційного потоку, що підходять для людини.

Інформація про працюючий персонал подається у вигляді підготовлених для цього стислих даних, що дозволяє прийняти базовані на них адміністративні й диспозиційні рішення, щоб можна було впливати на процеси, які відбуваються в підприємстві.

Стиснення і підготовка даних і інформації мають своєю метою надання їх у *потрібному обсязі, у потрібному місці й у потрібний момент* і зі змістом *потрібної інформації*. При цьому обчислювальна техніка може вже сьогодні, а в майбутньому – у ще більшому ступені взяти на себе численні функції інформаційної системи й внести вирішальний вклад. У наш час реєстрація, передача й обробка даних і інформації багато в чому автоматизовані. Потрібно також посилення застосування банків даних. Сьогодні багато із цих функцій виконуються ще вручну або

із застосуванням механічних засобів потоку інформації (наприклад, реєстрація даних за допомогою клавіатури).

Застосування інформаційних систем з ЕОМ-підтримкою забезпечує в підприємствах значне зменшення проблем, що стосуються даних, тобто різних джерел помилок, а також труднощів при великому обсязі даних.

Обчислювальна техніка може полегшити використання й оцінення великої кількості даних і забезпечити їх стиснення до істотних показників і доцільної інформації. Підготовка даних і інформації для використання в подальших інформаційних системах також спрощується й стає більш надійною. Відповідно, відсоток помилок в інформаційних системах з ЕОМ-підтримкою істотно нижче, ніж у системах, у яких до передачі інформації задіяний працюючий персонал.

Для осіб, що приймають рішення в підприємстві, має значення не тільки інформація, що збирається в самому підприємстві, але й інформація, що надходить ззовні, наприклад, від клієнтів або постачальників. Це означає, що повинна бути встановлена також передача даних до інших підприємств (наприклад, через розгалужені зовнішні мережі). Може здійснитися також потік інформації, що перетинає межі підприємства.

Інформація надходить із різним змістом, у різному обсязі, у різний час і в різних місцях у підрозділах одного підприємства. Для інформаційних систем логістики особливе значення має інформація про потік матеріалу з таких підрозділів підприємства, як заготівля, виробництво, видалення відходів і розподіл.

Окремі підрозділи підприємства мають різні цілі, і тому різні дані й інформація повинні реєструватися, видаватися, передаватися, оброблятися, запам'ятовуватися й оцінюватися в різних системах. На рис 1.31 наведена, як приклад, потреба в інформації в названих областях підприємства, які можуть бути залучені для прийняття рішень у рамках логістики.

Метою підрозділу *Заготівля* є закупка за якомога вигіднішою ціною й створення надійного запасу, що дозволяє покрити можливий дефіцит поставки. У цьому зв'язку важливою є інформація, що містить, наприклад, фактичне й наочне подання різних постачальників і складу замовлень у зв'язку із залежністю від важливих зовнішніх деталей і постачальників.

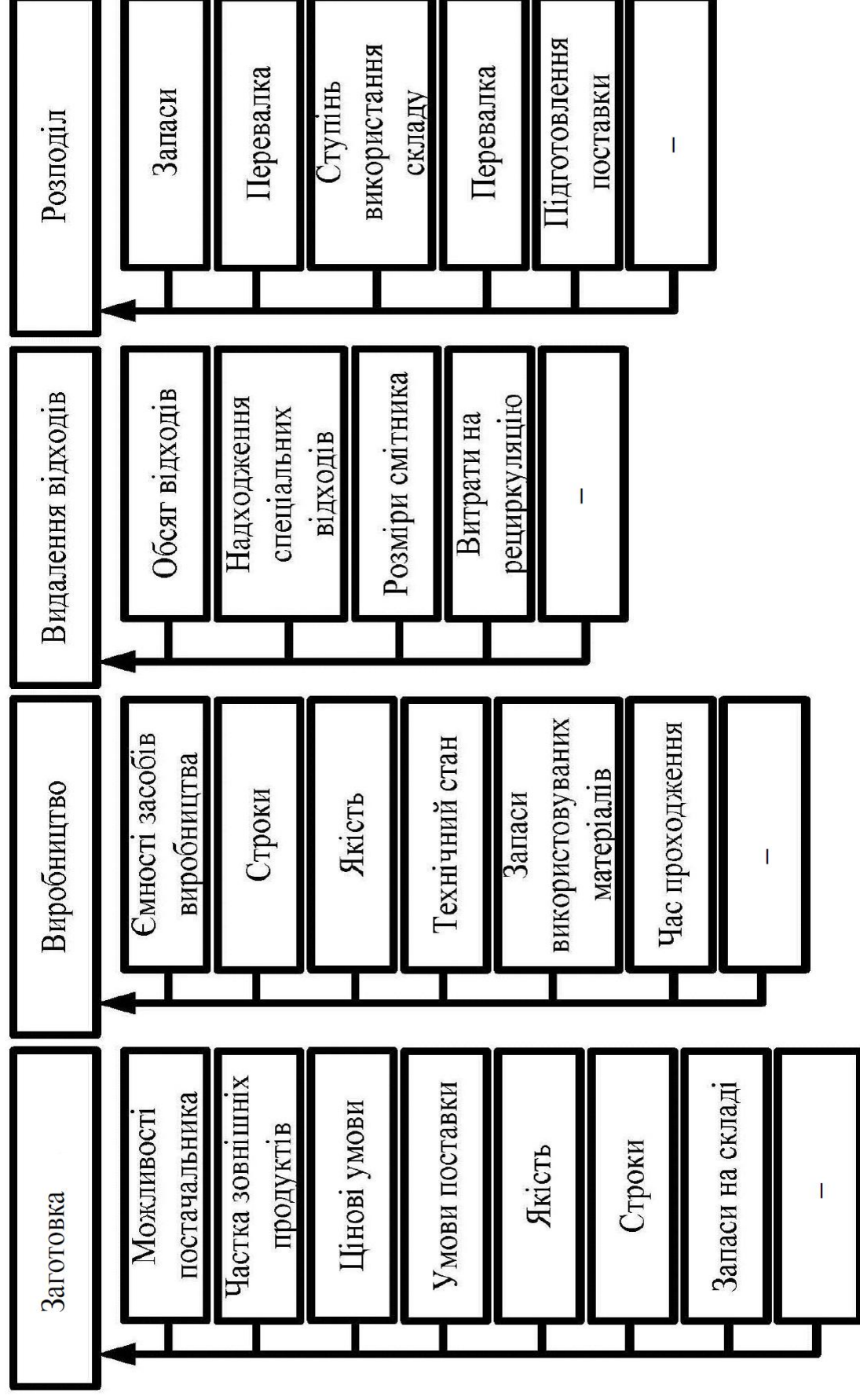


Рис 1.31. Потреба в інформації підрозділів підприємства: заготівля, виробництво, дистрибуція, видалення відходів

Подальшу важливу інформацію одержують, порівнюючи ціни й умови поставки, а також дані нагляду за поставками з погляду дотримання якості й термінів. Установлена інформаційна система повинна дозволити представити розроблені, відкриті й заплановані замовлення з диференціацією за кількістю й вартістю.

Дані, необхідні підрозділу заготівель для складання зазначеної інформації, можуть бути отримані, наприклад, за допомогою системи контролю надходження товарів. Кількості, терміни і якість поставки можна зареєструвати вже при надходженні товарів за допомогою мобільних терміналів і залучити їх для ухвалення рішення ще до переміщення товарів на товарний склад або перед подальшою їхньою передачею у виробництво (наприклад, рекламація, заміна). Ще більш доцільна реєстрація даних вже у постачальника, щоб можна було передати ці дані дистанційно. Зокрема, при поставці «Just-in-Time» цей спосіб здобуває все більшого значення.

Метою підрозділу підприємства *Виробництво* є рівномірне й по можливості тривале завантаження засобів виробництва при якомога меншому часі проходження матеріалу. Тому в даній області інтерес представляє в першу чергу інформація про ємність засобів виробництва. Це дозволяє поліпшити їхнє завантаження, дотримуючи одночасно короткого часу проходження й відсутності великої кількості запасів. Нагляд за термінами дозволяє зареєструвати прогрес виробництва й фазу проходження обсягів. Це дозволяє проконтролювати й поліпшити планування обсягів виробництва. Судження про якість продуктів можна одержати, наприклад, зі споживання матеріалів і результатів контролю якості. Подальшою важливою інформацією для забезпечення якості є дані про характер й частоту рекламацій і вимоги гарантії на продукти. Інформація про статус технічного обслуговування дозволяє розпізнати причини простою й домогтися зменшення його тривалості. Це дозволяє оцінити стратегії технічного обслуговування й при необхідності встановити граничні умови.

Підрозділ *Видалення відходів* вимагає інформації, наприклад, про надходження відходів, надходження спеціальних відходів, про розміри необхідної площі смітника й витрати на рециркуляцію

Підрозділ підприємства *Розподіл* висуває вимогу про високу готовність поставки. Тому розподіл має, насамперед, інформацію

про запаси, час обороту, ступінь завантаження складського простору, зв'язування капіталу й про готовність і можливу віддаленість поставки.

Поряд із поданими видами інформації (див. рис. 1.31), які відбивають лише приклади різних підрозділів підприємства, необхідно охопити велику кількість видів інформації, специфічних для підприємств. Ця інформація може бути зовсім різною для різних підрозділів.

1.6.2. Будова інформаційних систем

Науковим завданням інформатики є розробка й оформлення логістичних інформаційних систем на основі знань інформатики і з урахуванням технічних можливостей потоку інформації. Характерними для загальної побудови є:

- ✓ структурування в мережі;
- ✓ ієрархічна будова;
- ✓ зростаюча автоматизація й підтримка електронної обробки даних;
- ✓ стандартизований формат інтерфейсів;
- ✓ стандартизований формат наборів даних і змісту даних;
- ✓ зростання застосування стандартизованих програм.

Інформаційні системи логістики в загальному вигляді дуже складні і на підприємствах їх варто індивідуалізувати залежно від обсягу завдань і відповідно до застосованого цілісного системного підходу. Варто звернути увагу на цілеспрямований зв'язок з іншими підрозділами підприємства. Особливе значення має інтеграція людей в інформаційні системи з ЕОМ-підтримкою.

У логістичних інформаційних системах повинно бути передбачене надання потрібного обсягу інформації в потрібний момент, у потрібному місці й потрібній людині. Для побудови інформаційних систем з ЕОМ-підтримкою, необхідних у майбутньому, запропонована *Буферна модель заводу* (Puffermodel der Fabrik). Через буфер надходження й потреб у мережних вузлах можна представити на-скрізні функції потоків матеріалу й інформації.

Розглянемо стисло основи побудови логістичних систем (MRP, CRM, PERT) для подальшого розуміння складних інформаційних систем.

Процеси руху матеріалів і логістики відносять до класу технічних процесів, у яких застосовуються такі поняття логістики

як оператори й операнди, для того, щоб реалізувати процеси (сукупність впливаючих один на одного процесів згідно з DIN 19226, частина 1) у системах. Така S -система складається з безлічі елементів від a_1 до a_n і зв'язків від r_1 до r_n між цими елементами.

Кількість $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$

Зв'язки $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$

Вихід $S = \{A, R\}$

Дамо деякі пояснення: операція – деяка дія, яку необхідно виконати; оператор – об'єкт, що виконує операцію; операнд – об'єкт, над яким оператор виконує операцію.

Відповідно до прийнятих визначень вантажі, енергія, дані й особи (біологічні об'єкти, тварини) у логістичних процесах, а в русі матеріалів вантажі (сировина, матеріали) піддаються трансформаційному процесу таким чином, що час, місце, кількість, склад і якість можуть змінюватися. При елементарних технічних процесах такого роду мова йде, у першу чергу, про зміну властивостей. Черговість різних операцій розглядається як черговість робочих процесів. Метою трансформації є зсув вектора властивостей системи в нове положення:

$$O^1 \begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ A_n \end{pmatrix} \rightarrow O^2 \begin{pmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ B_n \end{pmatrix},$$

де O = операнд.

На рис. 1.32 і 1.33 дається загальний огляд трансформаційних процесів у логістиці й у русі матеріалів для штучних товарів.

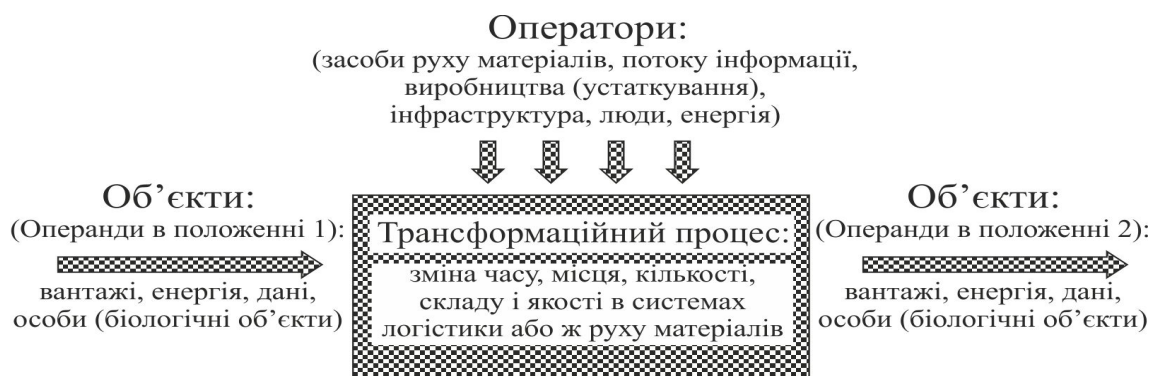


Рис. 1.32. Трансформаційні процеси логістики (у загальному вигляді)

Операції руху матеріалів	Переважаюча зміна положення	Технічні засоби
Перевірка	Визначення положення	Засоби перевірки
Зберігання, буферизація	Час	Засоби зберігання
Перевезення, транспортування	Місце	Засоби транспортування, перевезення
Маніпулювання	Розташування, місце	Засоби маніпулювання
Перевалка	Місце, розташування	Засоби транспортування, засоби перевезення, засоби маніпулювання
Формування вантажних одиниць, палетування	Кількість	Засоби керування
Комплектування	Сорт, кількість, місце	Засоби зберігання, засоби транспортування, засоби маніпулювання
Пакування, складання, обробка (виготовлення)	Вартість оформлення	Пакувальні засоби і засоби складання і обробки (виготовлення)

Рис. 1.33. Трансформаційні процеси руху матеріалів

Метою руху матеріалів і логістики є досягнення рівномірного потоку об'єктів у системах з найвищою швидкістю. Це можна порівняти з річкою: мова йде про те, що вода без водоймищ і водоспадів досягає моря з максимально однаковою швидкістю. Для можливості розрахунку й подання дискретних (які піддаються розрахунку) потоків об'єктів (наприклад, штучних товарів, інформації, людей) сіткове планування особливо придатне як окрема область теорії графів. Тому воно розглянуто тут докладно.

Вихідною точкою застосування графів є проблеми, які можна наочно подати за допомогою точок (вузлів) і сполучних ліній (ребер), причому ребра графа можуть бути номінальні або спрямовані. Останні позначаються як спрямовані ребра або стрілки (DIN 69900). Сьогодні мережний план застосовують, наприклад, для планування й нагляду за строками великих проектів у підприємстві. Приблизно 1958 р. були розроблені три відомих методи, які наведені на рис. 1.34 зі своїми змістами й формами подачі.

MPM (Metra Potential Method) – Метод потенціалу (мережевий графік, у якому процеси знаходяться у вузлах).

У цьому сітковому графіку (MPM) процеси із заданою тривалістю наведені як вузли мережевого плану, а відношення черговості між певними тимчасовими проміжками різних процесів представлені стрілками, що зв'язують окремі вузли. Напрямок стрілок показує послідовність процесів. Вузли вміщують всю важливу інформацію, що стосується до цих процесів. Це може

бути описом процесу в цілому, а також його початком або кінцем. Початкові й кінцеві стани одного процесу графічно підводяться до вузла.

CPM (Critical Path Method) – метод критичного шляху (мережевий графік, у якому процеси відображаються стрілками).

У цьому сітковому графіку (CPM) вузли відображають події, тобто початкові й кінцеві стани процесів, а стрілки – відношення черговості між окремими початковими й кінцевими станами із заданою тривалістю. Тут кінцевий стан одного й початковий стан наступного графічно підводяться до одного вузла. При цьому стрілки зв'язані між собою відповідно структурі залежностей між процесами. Сітковий графік, у якому процеси відображаються стрілками, містить всі істотні події, що відбуваються під час виконання роботи.

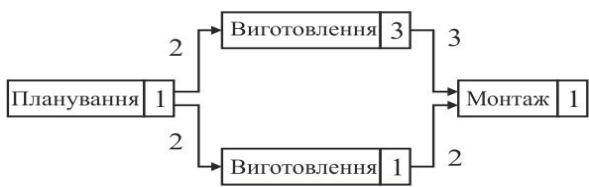
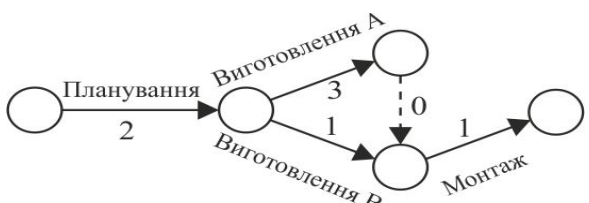
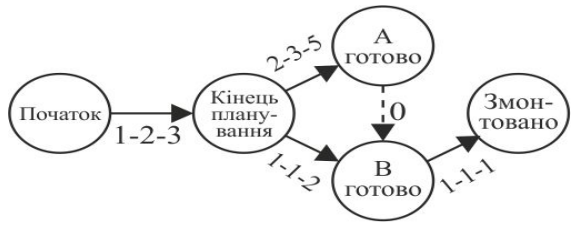
Основний метод	Тип мережевого плану	Зміст вузлів	Форми подання
MPM	мережа вузлів процесу	тривалість процесу	 <p>Зміст стрілок: відношення розташування, відстані у часі</p>
CPM	мережа стрілок процесу	подія (початковий і кінцевий стан процесів)	 <p>Зміст стрілок: відношення розташування процесу, тривалість</p>
PERT	мережа вузлів подій	подія (стан під час протікання процесу)	 <p>Зміст стрілок: відношення розташування, тривалість</p>

Рис. 1.34. Принципове порівняння MPM, CPM і PERT

PERT (Program Evaluation and Review Technique) – метод оцінки й огляду програми (мережевий графік подій, які знаходяться у вузлах).

У вузлах мережевого графіка подій відбиті події, які були досягнуті під час процесу, але не проміжні процеси. Тому мережеві графіки подій передбачаються тільки для проектів, у яких інтерес представляють тільки проміжні щаблі. Стрілки показують відношення черговості між подіями із відповідною тривалістю. Часто поряд із середньою тривалістю вони містять також оптимістичне або песимістичне значення тривалості.

Із цих трьох методів для подання потоку об'єктів придатний тільки СРМ. Зокрема, у мережі СРМ стрілками можуть бути раціонально подані різні події у процесі матеріального потоку. У такий спосіб вони символізують зміни місця або робочого процесу. Вузли являють собою у цьому мережевому графіку загальний буфер і означають, відповідно до поточної мети системи, процес перебування деякого числа об'єктів. Об'єкти як події входять у ці вузли й виходять із них.

Введемо окремо такі поняття:

✓ *Джерелами об'єктів* (товарів) є системи, на виході яких відбувається надходження об'єктів (запасів).

✓ *Зменшення кількості об'єктів* (товарів) здійснюють системи, на виході яких є потреба в об'єктах.

✓ *Надходження* (запас) – це обставини, при яких є кількість об'єктів (товарів), достатня для покриття потреб.

✓ *Потреба* (споживання) – це обставини, при яких є нестаток в об'єктах (товарах).

Супутнім об'єктам (товарам) дії повинні бути спрямовані на надходження або потребу відповідно до поставленого завдання. Після цього можна побудувати універсальну модель сіткового графіка потоку матеріалу й логістичних процесів.

Можна виділити *три типи вузлів*:

B – буфер потреб для наступного зниження кількості;

A – буфер надходження з попередніх джерел (буфер запасів);

F – буфер функцій, що зв'язують класи однакових процесів (наприклад, дві операції переміщення).

Визначено *два види граней*:

a – грані, що є робочими процесами, при яких зміни місця не виходять на передній план, але які представляють одночасно джерела й зниження кількості;

a_t – процес у часі, що стосується об'єктів (наприклад, складування, буферизація);

a_m – пов'язаний з кількостями процес, що стосується об'єктів (наприклад, утворення вантажних одиниць, розміщення на піддонах);

a_z – комплексні процеси, що стосуються об'єктів; зміна й просування кількостей різних сортів (наприклад, комплектування);

a_w – зміна вартості й форми (наприклад, пакування, монтаж, обробка (виготовлення));

b – грані, при яких зміна місця або положення знаходиться на передньому плані;

b_T – транспортування (великі відстані під час перевезення);

b_F – просування (середні відстані);

b_H – навантаження–розвантаження (дуже малі відстані).

Користуючись цими трьома типами вузлів як зв'язками й двома різними основними гранями, можна побудувати моделі товарного потоку систем як мережні моделі (рис. 1.35). Вони придатні як для матеріального потоку у підприємстві, так і для транспортних ланцюжків.

Відповідно до потреб моделювання один вузол може представляти один центральний склад з усіма пристроями в підприємстві або тільки одне місце одного складського осередку на площадці готовності до застосування. Ці грані можуть бути різними альтернативами зміни місця або процесів матеріального потоку (рис. 1.36).

На основі запропонованих мережних моделей можна відобразити, змоделювати й провести в ЕОМ планування всього підприємства або комплексних транспортних систем, орієнтованих на потоки. При цьому концепція «Just-in-Time» і інші стратегії керування можуть бути в плановому порядку заздалегідь досліджені на придатність.

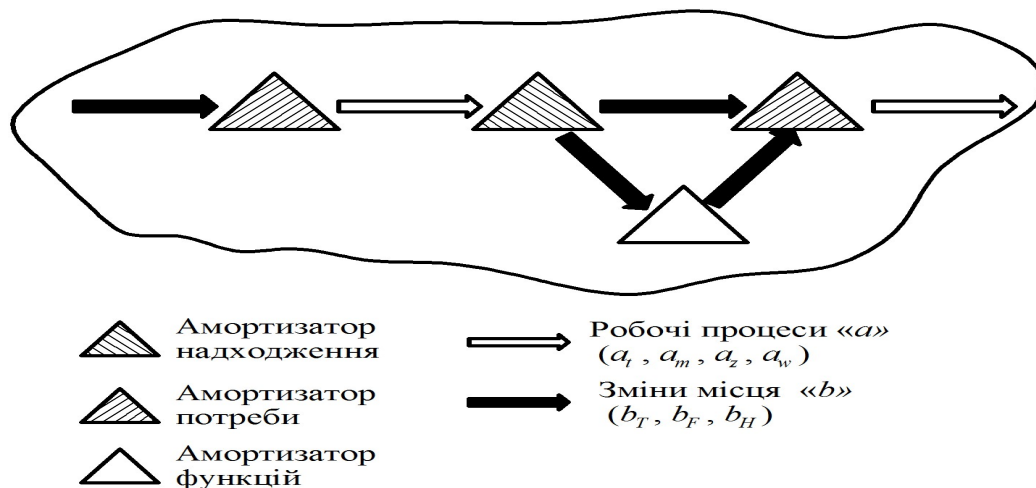


Рис. 1.35. Загальна мережна модель матеріального потоку й логістичних процесів як фрагмент системи згідно із СРМ

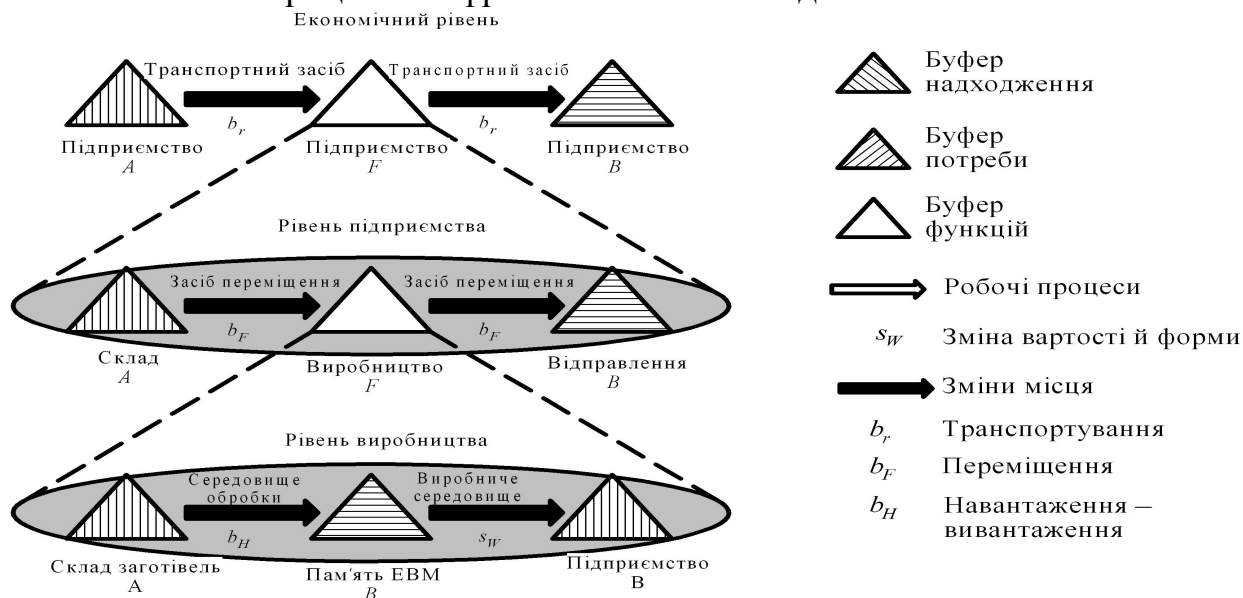


Рис. 1.36. Мережні моделі згідно із СРМ на різних площинах системи

Стає ясно, що знаючи строки, тривалість процесів, відстані, швидкості, ємності, пропускну здатність, інтенсивність для окремих виробів, можна розрахувати в логістиці окремі робочі процеси або операції з погляду логістичних дій і з урахуванням витрат, а також оптимізувати їх.

Організаційне обмеження систем логістики з економічного боку проводиться по-різному. У цьому зв'язку були запропоновані поняття мікро- і макрологістичної системи. За аналогією у цій книзі використані поняття «Логістика підприємства» й «Народно-господарська логістика».

Логістичні системи Мета логістики і проміжні логістичні системи транспортного ланцюга й логістичних каналів будуть розглянуті в народногосподарській логістиці як тимчасові структуровані зв'язки інтересів, кооперації систем логістики підприємств.

Жодне підприємство не може існувати без взаємодії з іншими підприємствами, урядами, органами влади, побутовими й комунальними організаціями. Для висвітлення цієї залежності перелічимо для прикладу кілька таких зв'язків промислового підприємства.

Уряди створюють організаційно-політичні й економічні рамкові умови для виробництва. Вони формулюють закони й податки. Органи влади піклуються про дотримання законів і створюють відповідні передумови для легальності виробництва. Транспортні підприємства зв'язують підприємства із зовнішнім середовищем. Постачальники забезпечують їх сировиною, допоміжними й робочими матеріалами. Підприємства з видалення відходів надають можливості для видалення й рециркуляції утилізованих матеріалів. Транспортні підприємства, експедитори або підприємства з розподілу транспортують готові продукти клієнтам. Підприємства для ближніх перевезень доставляють найманих робітників на підприємства для виконання роботи. Підприємства енергопостачання поставляють необхідну для виробництва енергію, а підприємства водопостачання забезпечують постачання водою. Через інформаційну мережу пошта створила необхідну службу зв'язку.

Народне господарство являє собою єдність окремих, економічно пов'язаних і взаємозалежних господарств (домашнє господарство, підприємства й т.д.) у єдиному економічному просторі (державі). Всі системи логістики підприємства в єдиному народному господарстві мають власні цілі, які знаходять вираження в різних стратегіях логістики.

У народногосподарській логістиці різні системи логістики підприємства працюють різними способами відповідно виходу, але будучи при цьому організаційно пов'язаними з потоком товарів, інформації, енергії й людей для надання логістичних послуг.

Серед систем логістики підприємств можна розрізняти системи, що відповідають промисловим, торговельним або сервісним підприємствам і домашньому господарству. Особливу роль відіграють транспортні підприємства, у тому числі послуги федеральної пошти з пересилання листів і бандеролей з її

інфраструктурою, що займає великі площі, і її загальним значенням для народного господарства країни, а також підприємства сільського й лісового господарства. Важливе значення для оборони країни має також військова логістика.

До підприємств побутового обслуговування зараховуються лікарні, банки й страхові установи, електростанції й підприємства водопостачання.

Всі перераховані системи логістики підприємства можуть надавати логістичні послуги тільки в рамках народного господарства, в яке вони входять. До того ж їм потрібні відповідні зв'язки й зворотний зв'язок, які для різноманітних інформаційних потоків утримуються, наприклад, в інформаційних мережах пошти.

На рис. 1.37 показана спрощена мережа, що представляє комплексні взаємозв'язки. Загальна оптимізація логістичних систем у народному господарстві або в нашій всесвітній економіці в найближчі десятиліття в еру інформатики стане викликом для економічних досліджень.

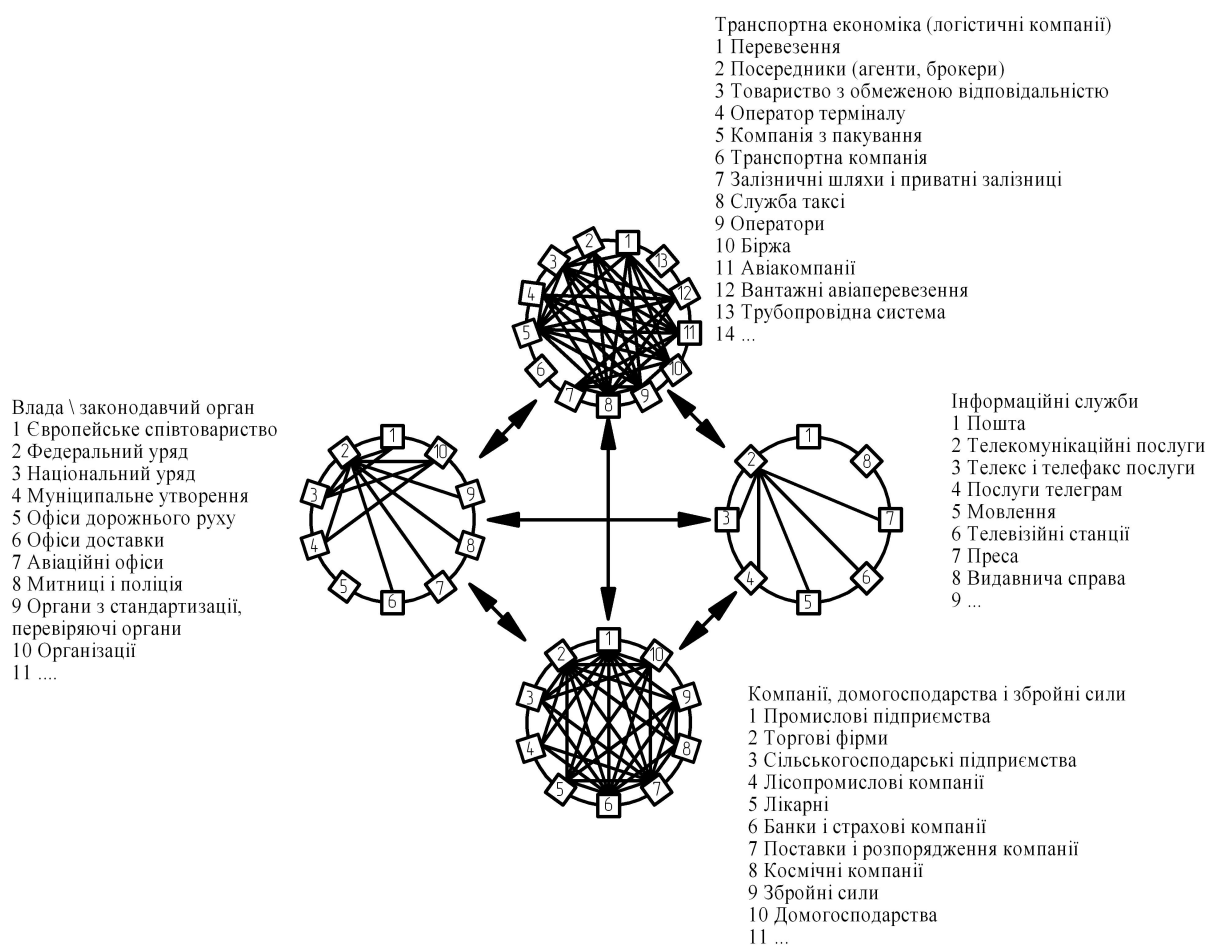


Рис. 1.37. Мережі національної економічної логістики

Після розгляду побудови логістичних систем повернемося до буферної моделі заводу.

У цих буферах одержують інформацію про процеси матеріального потоку, наприклад, види, кількість, час надходження, місця проходження у передбачуваному часі товарів. Зареєстровані в буфері дані про товари, що рухаються в матеріальному потоці, узагальнені в понятті «*Набір даних*». Він містить дані різного виду й може бути залучений для прийняття рішень у всіх областях підприємства. Зокрема, застосування таких наборів даних про рух має значення в *Системі планування й керування виробництвом* (PPS) і в *Логістичних системах інформації й керування* (LIS) (Logistikinformations-und-Steuerungssysteme).

Для більш зручного керування логістичними процесами стисло розглянемо спочатку горизонтальну побудову логістики підприємств, логістику заготівель, виробничу логістику, логістику розподілу.

Логістика підприємства це елемент народногосподарської логістики. Загалом, підприємства можуть бути підрозділені на:

– так звані логістичні підприємства, основною метою яких є виконання логістичних послуг (наприклад, транспортні підприємства);

– підприємства, основною метою яких є створення додаткової вартості або надання послуг, але які у той же час роблять логістичні послуги для виконання своєї основної мети.

Логістику підприємства з її кадровими питаннями й фінансовою системою варто розглядати як наскрізну функцію на відміну від лінійних функцій (дослідження й розробка, заготівля, виготовлення, збут і маркетинг) (рис. 1.38).

Для оптимізації промислового підприємства в цілому варто прагнути до всеосяжної логістичної системи. Логістику підприємства в горизонтальній площині доцільно розділяти на наведені нижче області завдань, причому не кожне підприємство мусить мати всі ці області:

- логістика заготівель;
- виробнича логістика;
- логістика розподілу;
- логістика видалення відходів;
- транспортна логістика.

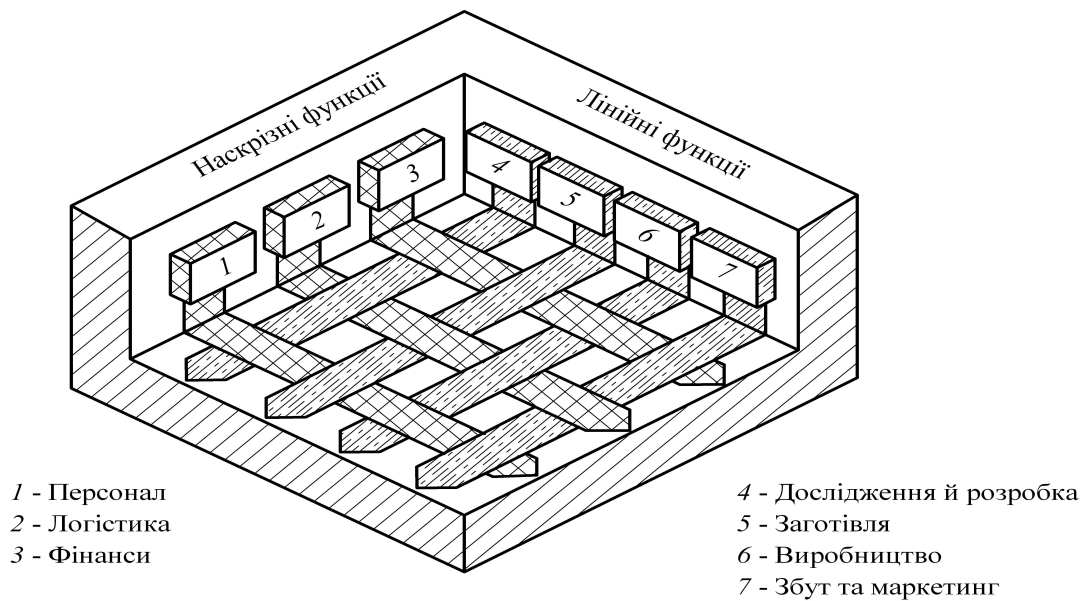


Рис. 1.38. Наскрізні й лінійні функції на підприємстві

Логістика підприємств, логістика лікарень, військова логістика й логістика інших організацій об'єднані в *мікрологістику*.

Так, торговельні підприємства не розрізняються між собою за постановкою виробничо-логістичних завдань, і підприємства, що не володіють власним автопарком, не планують маршрути в розумінні транспортної логістики. Останнє залишається завданням експедиторів, що мають власний парк вантажівок або інших транспортних засобів.

Далі більш детально розглянемо такі області логістики, як логістика заготівель, виробнича логістика, логістика розподілу й транспортна логістика, на відміну від логістики видалення відходів, що висвітлені в літературі більш докладно. Хоча останній вид логістики ми також розглянемо.

Логістика заготівель. Завданням системи постачання товарів є економічне постачання підприємства зовнішніми для підприємства товарами (об'єктами), у яких воно має потребу для свого виробничого процесу створення товарів. Розглядаючи функціональну область *Заготівлю* як систему постачання, можна усвідомити, що об'єкти заготівлі (товари) на основі рішень, прийнятих у підприємстві, переводяться із зовнішнього світу у сферу економічного розпорядження підприємства (рис. 1.39).

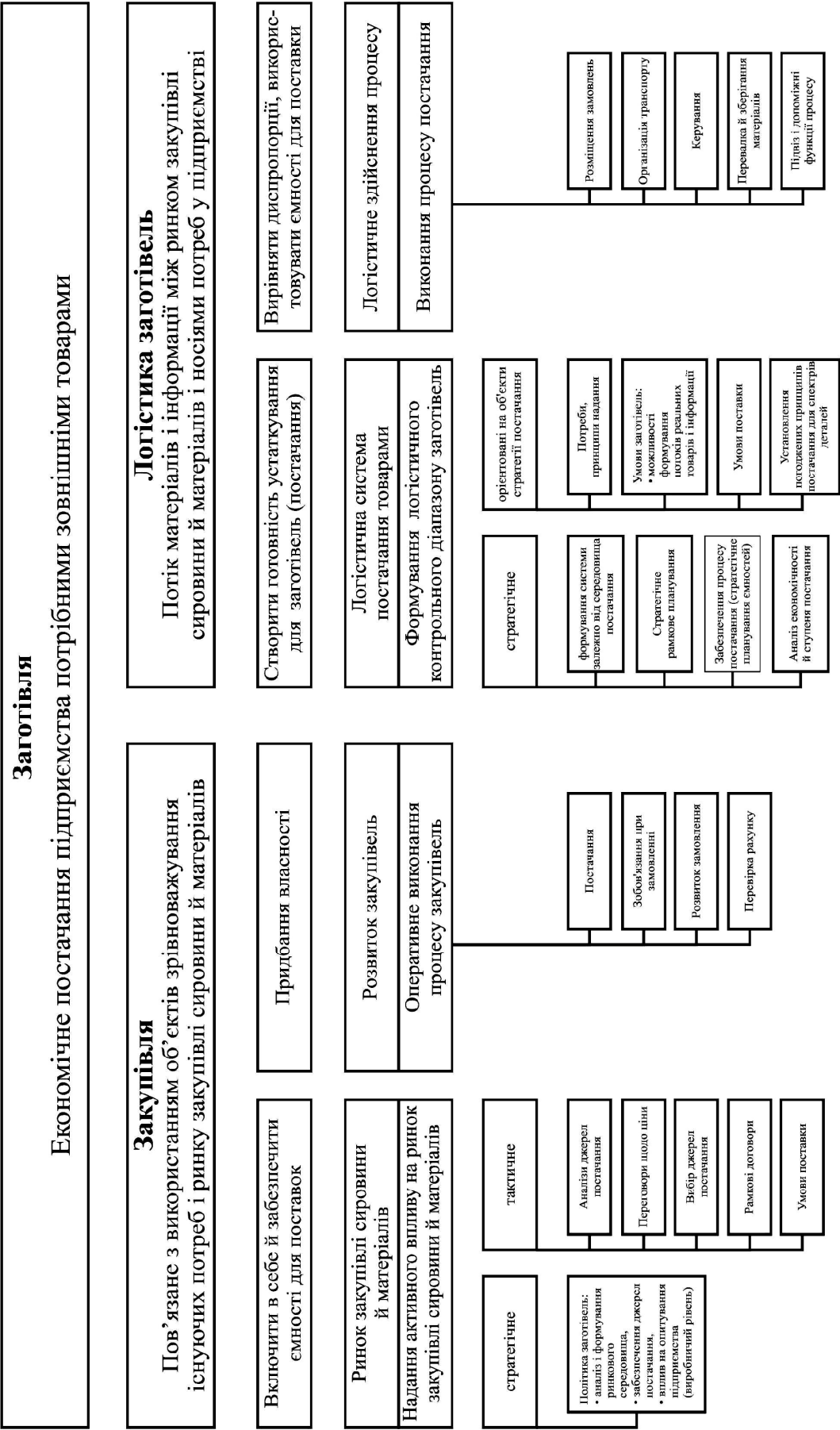


Рис. 1.39. Організація заготівель

Щоб сприйняти завдання заготівель, як забезпечення економічного постачання підприємства необхідними зовнішніми товарами, варто надалі формувати цю область підприємства шляхом установлення зв'язку між закупівлею й наскрізною функцією логістики. На багатьох підприємствах починають займатися логістикою заготівель. Хоча вона не зараховується до інтегративної наскрізної функції логістики, логістика заготівель із погляду організації побудови підприємства найчастіше ставиться паралельно закупівлі (див. рис. 1.38 і 1.39).

Закупівля як перша часткова система повинна задовольнити потреби підприємства в товарах відповідно до пропозицій ринку, тобто має включати в себе *ємності поставок* й забезпечити їх на тривалий строк. Вона мусить з'ясувати, які постачальники можуть задовольнити потребу в товарах належної якості з потрібними функціями й споживчими властивостями й за більш вигідною ціною. При розробленні стратегії закупівлі разом з виконанням процесу закупівлі необхідно використовувати як правову функцію покупки придбання права власності.

У зв'язку із стратегічним значенням, що має закупівля для підприємства, закупку не слід розглядати як чисто керуючу функціональну область. При цьому не було б враховане значення комплексності й потенціалу успішності закупівлі в цілому. Саме в рамках маркетингу закупівлі підприємство здобуває активний вплив на ринок закупівлі сировини й матеріалів. Це відбувається як у стратегічних аспектах, у яких використовуються інструменти політики закупівель, так і в тактичних аспектах.

Логістика закупівель, як друга часткова система, ставить стосовно до ринку завдання покупки разом із системою постачання товарами в області задоволення потреб. Для виконання виробничих процесів створення додаткової вартості недостатньо тільки придбати у власність потрібні товари, набагато важливіше зробити їх *доступними для використання за цільовим призначенням* на підприємстві. Тим самим перед постачанням буде поставлене завдання, виконати яке треба за допомогою формування матеріального й інформаційного потоків між ринком закупівлі сировини й матеріалів і носіями потреб у підприємстві за допомогою логістики закупівель.

Процес постачання як матеріальний потік і необхідний для цього інформаційний потік являють собою систему постачання товарами логістики заготівель. Для всієї системи постачання підприємства варто встановити функціональну систему із загальною стратегією на основі асортиментів заготівель. Ці стратегічні рішення формують рамкові умови для логістичного поля дій і логістичного контрольного діапазону. Наслідком стають рішення щодо рівня втручання в канал заготівель, наприклад, рішення про побудову власних складських і транспортних ємностей або про використання провайдерів логістичних послуг. У межах логістичної системи постачання товарами, яку в цілому можна описати за допомогою наявних на підприємстві ємностей і можливостей логістики заготівель, варто розробити стратегії постачання, специфічні для кожного типу товарів. Вони визначають принципи постачання й забезпечення готовності, виходячи з потреб підприємства й можливостей джерел поставки. Так, наприклад, варто вирішити, чи потрібно поставити певний спектр деталей синхронно з виготовленням «Just-in-Time» або подбати про запас компонентів на складі. Прийняті при цьому рішення про принципи розміщення й готовності впливають на економічність постачання.

Ухвалені рішення про безпечні діапазони допусків, які можуть бути встановлені відповідно до характеристик товарів (термін заміни, зміни при вживанні, вплив несправних деталей), визначають поточну політику створення запасів.

На прикладі умов поставки чітко відслідковується взаємозв'язок між покупкою й логістикою заготівель. Умови поставки, установлені поряд із іншим, визначають, чи спроможний постачальник виконувати поставку франко-завод або підприємство, забирає її із заводу постачальника. Це є важливим критерієм при формуванні логістичного контрольного діапазону. Цим визначається глибина можливостей втручання. Умови поставки впливають як на вартість придбання товарів, так і на логістичні витрати для надання готовності до відправки.

Хоча забір поставки із заводу постачальника означає більш низьку покупну ціну, однак витрати на надання готовності при цьому вище, тому що підприємство-замовник повинне самостійно організувати перевезення й оплачувати його вартість. З іншого

боку, загальна вартість придбання може бути нижчою, якщо підприємство-замовник може здійснити перевезення дешевше, ніж підприємство-постачальник.

Важливими завданнями логістики заготівель є:

- планування, керування й нагляд за процесами перевезення й складування й розвитком замовлення в системі товаропостачання підприємства з економічних точок зору;
- установа відповідних стратегій постачання з узгодженням покупки й виготовлення для всіх товарів, запасних частин і т.д., що необхідні підприємству;
- забезпечення постачання, вибір супутнього постачальника.

Логістика заготівель може бути представлена підприємству як процес, зворотний логістиці розподілу.

Виробнича логістика. Під *виробництвом* розуміють усі «процеси й операції, прямо або побічно пов'язані з виготовленням виробів». *Виробнича логістика* планує, керує й спостерігає за матеріальним потоком від складу сировини для заготівель і при проходженні через різні етапи виробничого процесу аж до складу готових виробів. Ділянка сполучення між виробничо-технічними й логістичними процесами на сьогодні точно не визначена. До *Виготовлення* варто віднести «всі організаційні й технічні заходи для виготовлення матеріалу й виробів». Сучасна концепція виробництва для досягнення продуктивності й гнучкості повинна орієнтуватися на такі центральні визначальні фактори, як технологія, організація й логістика. На передній план сьогодні у зв'язку з конкуренцією на ринку виходять короткий робочий цикл, дотримання строків, висока якість і низькі товарні запаси. Це звичайні завдання логістики. У результаті керування матеріальним потоком відповідно до логістики замість керування тільки потенціалами засобів виробництва зменшуються товарні запаси і звільняється оборотний капітал, що може бути інвестований у нові засоби виробництва. У результаті такого керування запобігають також непогодженості машинних можливостей, появі чутливих до перешкод процесів і тривалому часу переоснащення для виготовлення продукції. Тим самим створюються перехідні мости до класичного планування й керування виробництвом (PPS – *Produktionsplanung und Steuerung*).

На сьогодні ще не вдалося знайти повний замкнений комплексний підхід до рішення цього питання. Трьома звичайними етапами PPS є приблизне планування, середньострокове планування й точне планування (рис. 1.40). У рамках *приблизного планування* на підставі завдань клієнта або завдань зберігання складається виробнича програма. При *середньостроковому плануванні* вона підрозділяється на закупівлю або власне виготовлення деталей, і при цьому визначаються кількості, необхідні на певний термін. Детальне виконання замовлення планується спочатку на основі робочих планів без урахування наявних можливостей. На закінчення потреба в можливостях узгоджується з наявними можливостями. Нарешті, при *точному плануванні* формуються черговість окремих місць роботи й розподіл робіт. До того ж на кожному етапі є система зворотнього зв'язку.

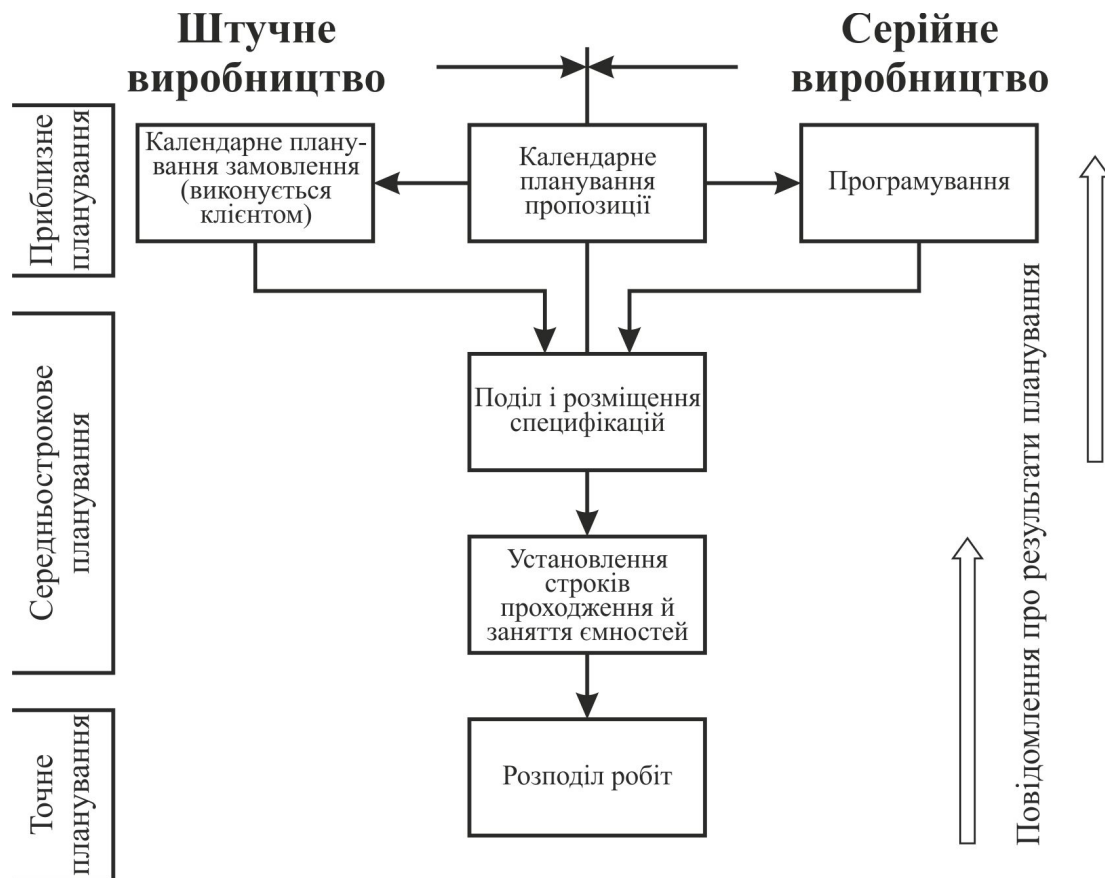


Рис. 1.40. Етапи виробничого планування й керування

Поділ PPS за функціональними групами подано на рис. 1.41 [15]. Такий поділ доцільний з погляду введення обробки даних і дозволяє розпізнати етапи уточнення. У цілому при PPS

відбувається перетворення емпіричної лінії в науково обґрунтований метод (рис. 1.42).

Це має стати приводом для того, щоб обмірковувати можливості зв'язку між логістикою й PPS у рамках CAL (Computer Aided Logistics) (використання комп'ютера) (рис. 1.43).

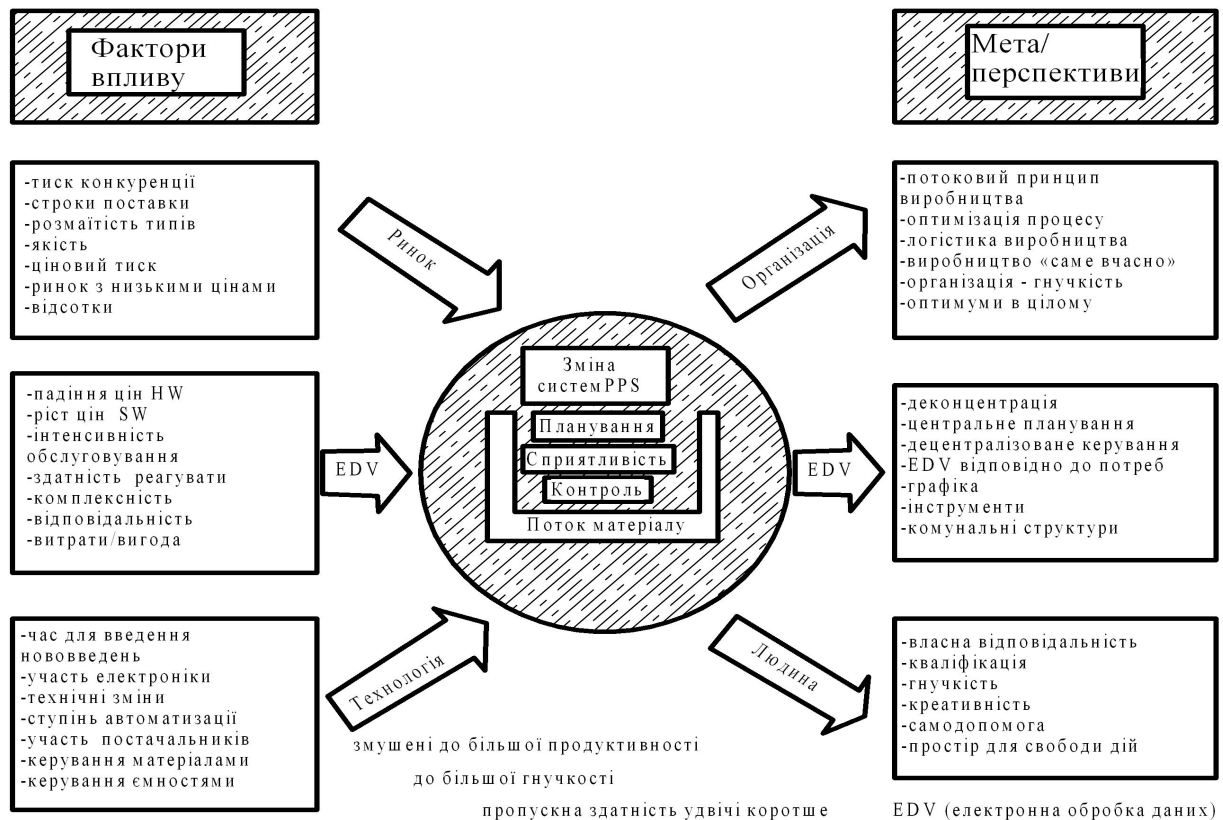


Рис. 1.41. Зміна систем PPS

Мова йде про те, щоб відкинути старі стереотипи й увести нові, цілеспрямовані рішення. Ключова роль у цьому належить, безперечно, виробничій логістиці. Оптимальне виробництво неможливе без перегрупування областей PPS, підготовки робіт, керування матеріальними й логістичними потоками. У цьому зв'язку на логістику припадає також планування заходів щодо технічного обслуговування.

У якому ступені логістиці належить у промисловому підприємстві ключова роль, стає ясно вже з того, що за межами підприємства й аж до постачальника, тобто за участю також логістики заготівель і логістики розподілу, виникають нові організаційні рішення у формі рішень «Just-in-Time» (JIT), які значно зменшують виробничі запаси.

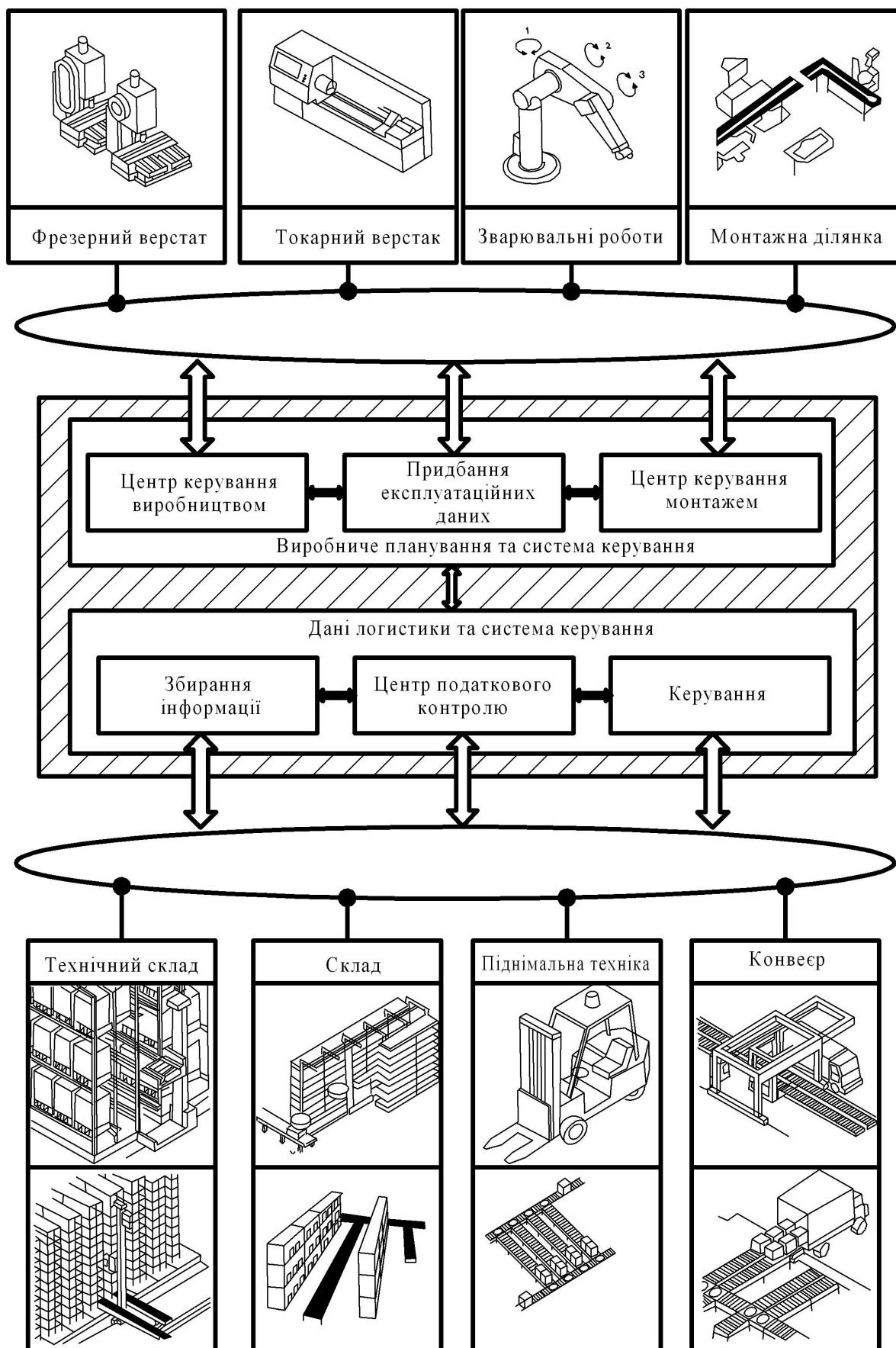


Рис. 1.43. LIS та PPS в загальній інтегрованій системі

Завдання логістики розподілу полягає в тому, щоб зв'язати Відділ продаж підприємства із зацікавленими клієнтами. При цьому вона охоплює всі види діяльності, які забезпечують одержувачам фізичну доступність продуктів, включаючи супутню інформацію. Область її завдань охоплює планування, керування й нагляд за фізичним потоком товарів, а також пов'язаним з ним потоком інформації між виробничими й торговельними підприємствами й одержувачами (наприклад, продавцями, що обслуговують промисловість, іншими кінцевими соціальними або професійними споживачами). При виконанні своїх завдань логістика розподілу має орієнтуватися на такі цілі:

- При заданих витратах прагнути до максимального логістично-розподільчого виходу (обсяг послуг, наприклад, з доставки).
- При заданому виході логістичної системи мінімізувати витрати.

Вирішальним для формування логістики розподілу є те, чи йде мова про виготовлення замовлення або про попередні запаси й про штучне або серійне виготовлення.

Логістика розподілу включена в систему цілей підприємства як часткова область маркетингу й повинна враховувати перелічені вище цілі. Із цього зв'язку випливають багатобічні зв'язки й взаємодії між маркетингом і логістикою розподілу. Так, кожний інструмент політики маркетингу впливає на логістику розподілу й навпаки. Наприклад, у рамках виробничої політики зовнішній дизайн продуктів повинен враховувати вимоги логістики. Визначення масштабів знижок у рамках цінової політики також повинне орієнтуватися на фактори логістики. Політика комунікацій охоплює логістичні послуги й полегшує їхнє надання за допомогою рекламування клієнтам.

Нарешті, сильніше за все впливає на політику розподілу логістика розподілу.

Вибір шляху збуту й формування мережі розподілу переважно визначають обсяг витрат на логістику. Взаємодія маркетингу й логістики виступає тут особливо чітко. Так, при формуванні системи розподілу через маркетинг проходять основні рішення про шляхи збуту, а від логістики виходять стратегічні рішення про кількість, місцеположення, призначення складів, а також про число складських етапів. На рис. 1.44 показані канали збуту системи розподілу, причому розподіл товарів може відбуватися як у межах, так і за межами власного контрольного діапазону.

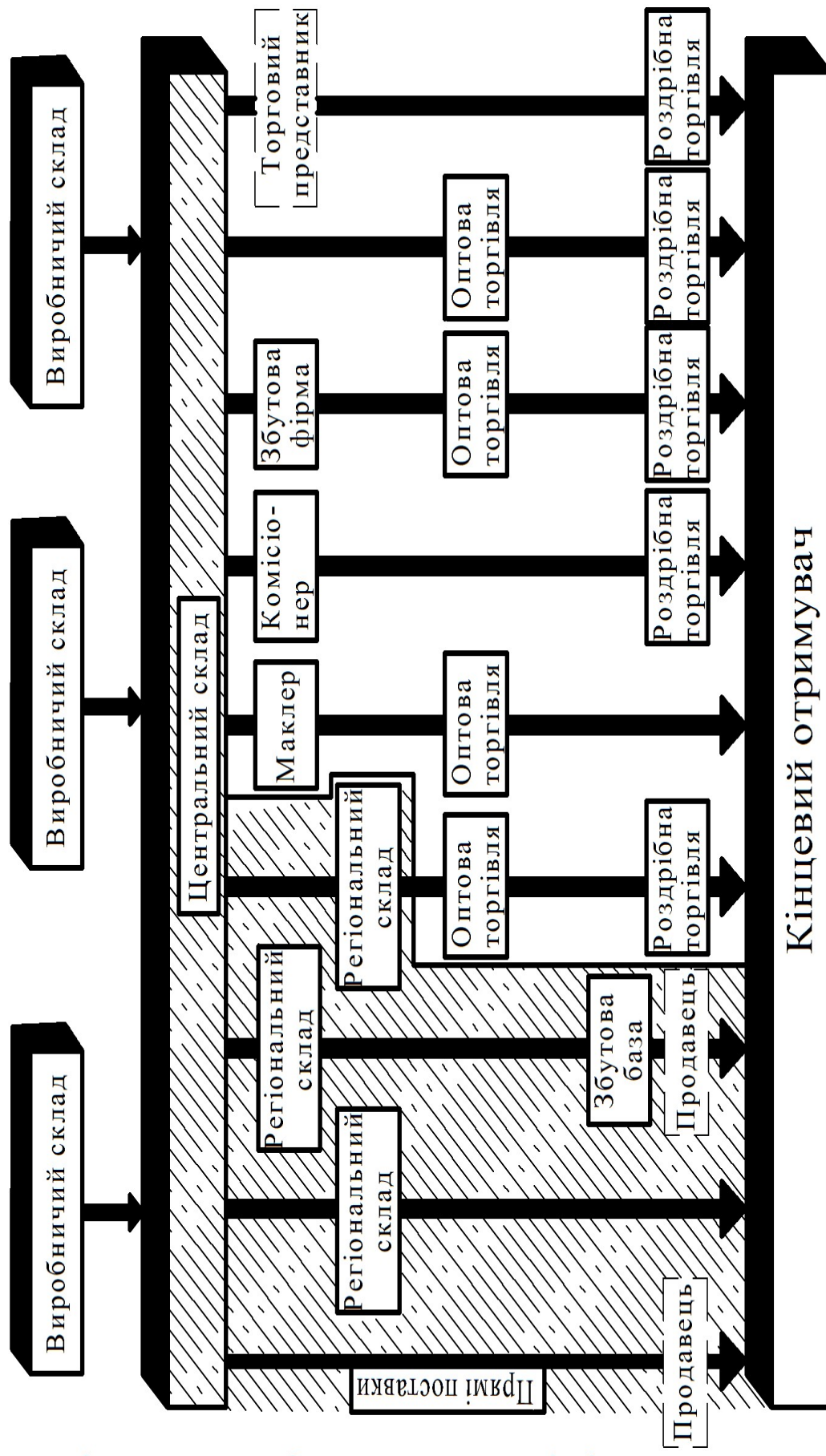


Рис. 1.44. Канали збуту системи розподілу

При формуванні мережі розподілу потрібно в основному вирішити такі проблеми (рис. 1.45):

- визначення числа складів (проблема кількості);
- визначення функції складів (виробничий, центральний, регіональний і транспортно-експедиційний склад) і число функціональних етапів (проблема етапів);
- визначення місця розташування складів (проблема місця розташування);
- установлення зв'язку між етапами приймання й видачі в межах мережі розподілу (проблема призначення).

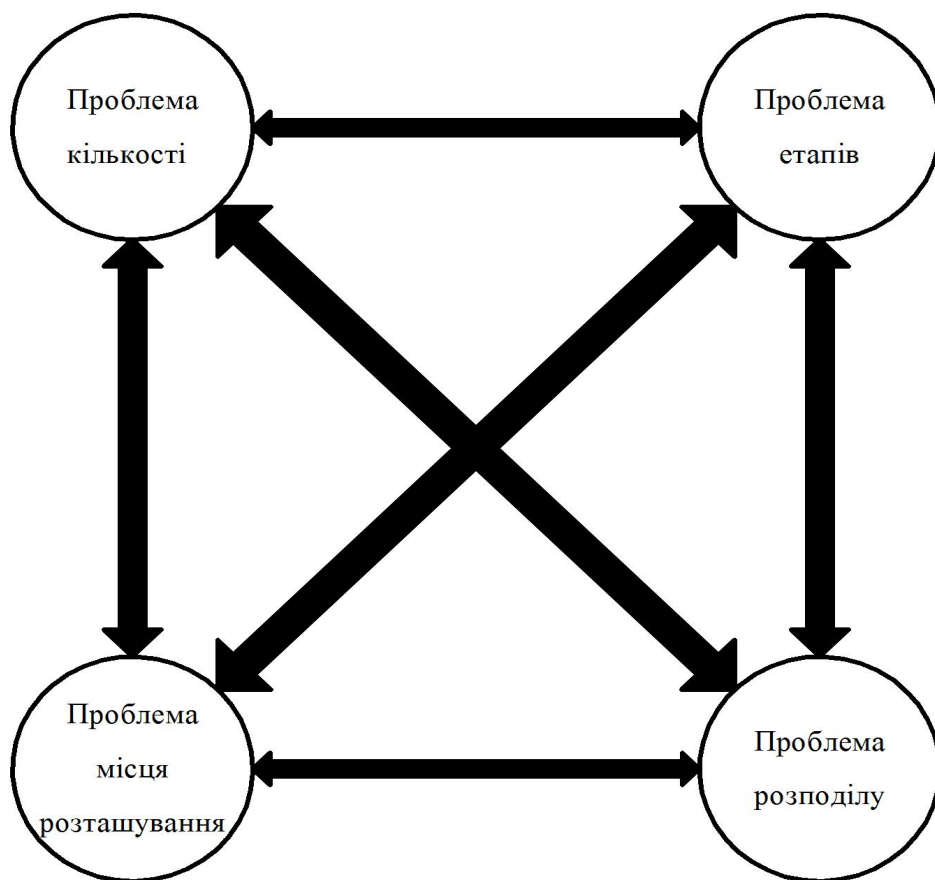


Рис. 1.45. Структура проблем у розподільних мережах

Розглядаючи в цілому види діяльності в системі збуту підприємства, можна розрізнити в межах цієї системи по суті стратегічні аспекти маркетингу при висновку й забезпеченні договорів про збут, юридичні аспекти при процесі продажу й особливо – при передачі власності й логістичні аспекти, що належать до потоків товарів і інформації.

Систему розподілу товарів (Система розподілу логістики) можна описати на основі структури розподілу, структури продукту й структури розташування клієнтів і оптимізувати з погляду вартості. При цьому необхідно розглянути такі важливі часткові вартісні групи:

- вартість запасу товарів;
- вартість зберігання на складі;
- вартість транспортування;
- вартість виконання замовлення.

Маркетинг, що сприймає перелічені вище завдання пошуку й обслуговування ринку, створює рамкові умови для таких сфер підприємства, як логістика продажу й розподілу. При цьому продаж при збуті продукту виконує пов'язані із придбанням і договорами, у той час як логістика розподілу стосується оптимального постачання споживачів товарами в рамках укладених договорів про поставку.

Логістика видалення відходів. У майбутньому необхідно буде приділити особливу увагу видаленню відходів промислових підприємств і при цьому – рециклінгу відходів, у зв'язку із все зменшуваною кількістю ресурсів і зростаючими вимогами про захист навколишнього середовища. При цьому з погляду логістики потрібно вже в межах підприємства окремо розглянути заходи, що стосуються відходів, які утворюються. Вони або відразу рециркулюються й вертаються прямо у виробничий процес, або переробляються за межами підприємства і якщо є потреба – пропонуються підприємству для повторного використання. Відходи, рециклінг яких за допомогою того або іншого процесу неможливий, необхідно видаляти окремо.

Цей ланцюг видалення відходів вимагає особливого логістичного планування, керування й контролю. Тому на багатьох підприємствах необхідно організувати підрозділ логістики видалення відходів.

Із давніх часів відходи є супутником людства. У наш час ці відходи, іменовані також побічними продуктами, сміттям, утилем, становлять все більшу проблему.

У результаті промислового розвитку й пов'язаним із цим збільшенням кількості й розмаїтості відходів, значна частина яких токсична, і все зменшуваний простору для їхнього депонування, а

також із все зростаючою чутливістю населення до стану навколишнього середовища зросли також і труднощі видалення. Паралельно кількості промислового сміття зростає й кількість побутового сміття, що складається здебільшого з компонентів упакування, а саме, паперу, жерсті, білого й кольорового скла, пластмаси й інших матеріалів.

Розглянемо корисну для сьогодення історію боротьби із цією *сміттьєвою лавиною*, що у Федеративній Республіці Німеччина в 1984 р. склала близько 222 млн т – з них 192 млн т із промислових підприємств і 30 млн т побутового сміття й сміття ремісничих підприємств, – потрібні були нові концепції як від законодавців, так і від промисловості й населення.

Поняття «видалення відходів» у Федеративній Республіці Німеччина було уведено законом про відходи від 1954 р. Він охоплює не тільки усунення відходів, напр. на смітники або спалюванням, але і їхню переробку. Цим процесам передують такі заходи, як збирання, перевезення й зберігання. Здебільшого вони складаються із процесів потоку матеріалів. Саме транспорт і перевезення відходів набудуть істотного значення в найближчому майбутньому. Це особливо вірно тому, що відповідно до планів країн щодо видалення відходів до 1990 р. у Федеративній Республіці Німеччина в 1975 р. передбачене всього лише 400 великих смітників проти 4400 дрібних смітників. Це зменшення числа смітників вимушено супроводжується подовженням шляхів підвозу до них сміття. Відзначимо, що у Харківській області у 2018 р. тільки почали будівництво сучасного сміттєзвалища в районі Дергачів.

Наступним центром значущості логістики є зберігання відходів. Так, наприклад, можливо, що при підходящому скупченні відходів на якійсь сміттєспалювальній установці можна цілеспрямовано змішати відходи так, що їхнє спалювання буде відбуватися оптимально й з найменшим утворенням шкідливих речовин. Відповідно, потрібні для змішування відходи варто зберігати наготові окремо. Поряд із іншим, можливо проміжне зберігання в резервуарах.

На цих прикладах можна показати, як розподілити різні завдання логістики в рамках видалення відходів. Завдання

логістики видалення відходів поширюються на технічну, організаційну, народногосподарську області й на підприємства.

У принципі ясно, що перед проблемою постійно зростаючої гори відходів і обмеженості запасів сировини необхідно дбайливе поводження з навколишнім середовищем і з нашими ресурсами. Тому логістика видалення відходів завжди має керуватися такими принципами:

- Треба по можливості зменшувати кількість відходів або взагалі запобігати їх утворенню.
- Необхідна цілеспрямована переробка відходів.
- Необхідно видаляти залишки матеріалів, що не піддаються переробленню.

На рис. 1.46 представлена загальна концепція логістичних завдань у циклі видалення відходів.

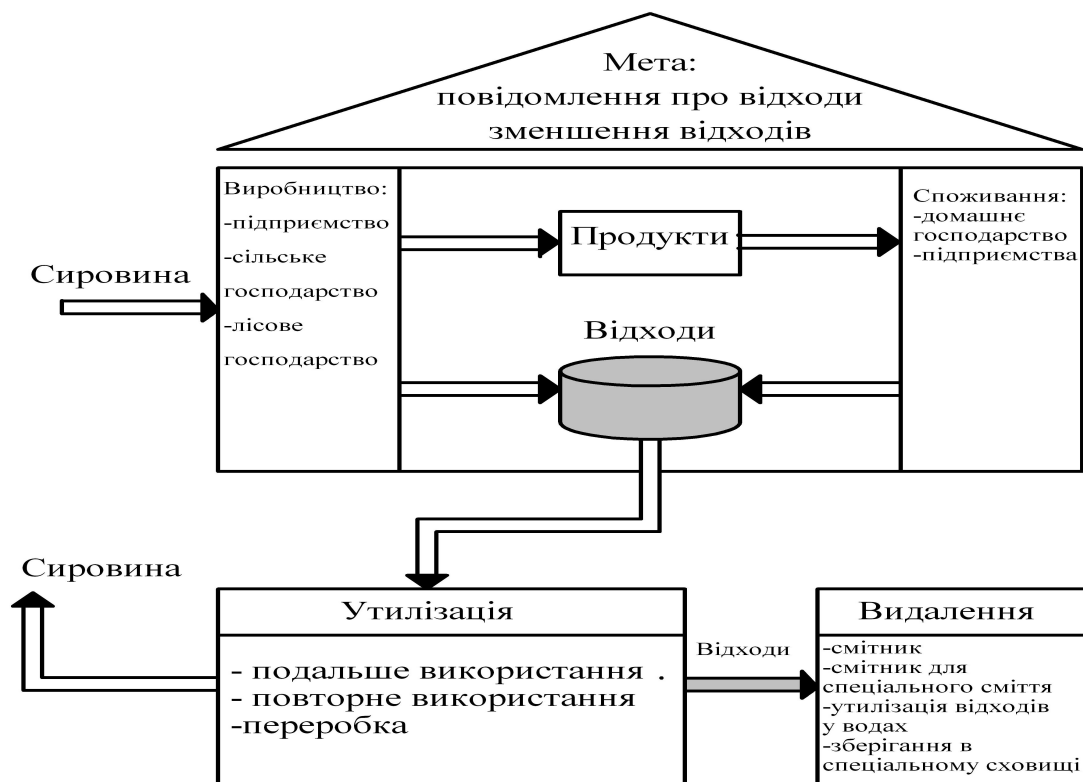


Рис. 1.46. Цикл видалення відходів

У майбутньому найвищий пріоритет у порівнянні з утилізацією й видаленням відходів мають одержати зменшення або запобігання утворенню відходів. Тому для кожного громадянина, і в першу чергу для торгівлі, ремісничих майстерень і промисловості, є вимога створювати якнайменше відходів.

Досягнення цієї мети є частиною логістичного завдання. Відходи, уникнути утворення яких неможливо, повинні бути передані для цілеспрямованої утилізації. При цьому можуть бути використані методи подальшого застосування й подальшої переробки, як пояснюється на рис. 1.47.

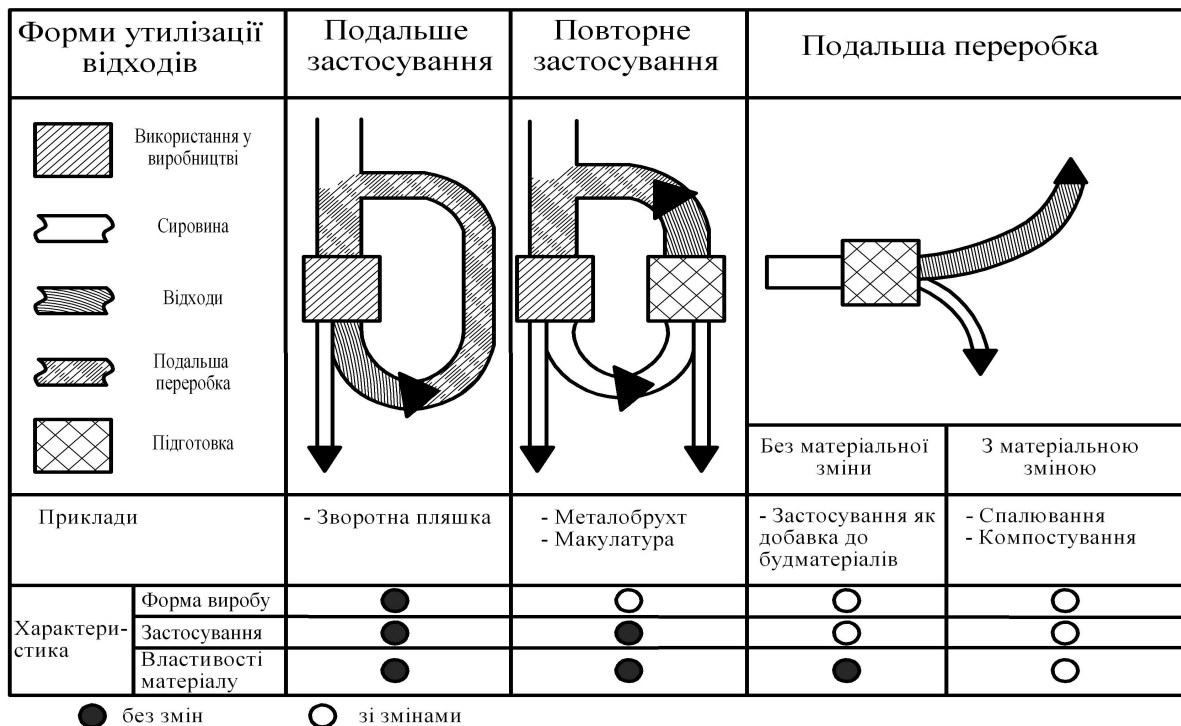


Рис. 1.47. Форми утилізації відходів

Всеосяжна загальна концепція використання відходів, що встановлює зв'язок між економікою й екологією, побудована на цих названих вище пунктах. Вона є основною метою логістики видалення відходів. При цьому логістика видалення відходів не повинна відходити від правил економіки й при плануванні зобов'язана враховувати народногосподарські цілі. Вона має також виконувати завдання економічного видалення відходів і одночасно дотримуватись народногосподарських інтересів, умов яких наведені в політиці збереження навколишнього середовища й у законах.

Логістика видалення відходів будується з урахуванням цих різних цілей.

Під логістикою видалення відходів варто розуміти послідовне застосування логістики в області видалення відходів підприєм-

ємства. При цьому необхідно, зокрема, бачити мету, не створювати спочатку часткову оптимізацію або «острівці» рішень, а шукати всеосяжних цілісних рішень. Метою логістики видалення відходів є включення логістики видалення відходів у логістику розподілу, тому що в області її завдань можна знайти багато паралелей. Ці паралелі впливають із подібності багатьох часткових організаційних завдань, наприклад, розташування транспортних засобів, а також з технічних зв'язків з матеріальним потоком.

Є також численні зв'язки з виробничою логістикою й логістикою заготівель. Так, справедливе положення: «Що не було створено, того не потрібно видаляти!».

Запобігання накопичення відходів, що вимагають видалення, може допомогти маркетинг заготівель, що враховує своєчасне видалення відходів. Тому товари варто вибирати так, щоб можна було без проблем провести утилізацію й/або видалення залишків і щоб накопичувалась якомога менша їхня кількість.

Логістика виробництва починається із проектування й конструювання продукту й закінчується пакуванням. При цьому можна вплинути на хід створення продукту при виробництві й на його продаж аж до споживача так, щоб виникало якнайменше відходів або щоб ці відходи можна було добре видалити, тобто з найменшими витратами й найбільш сприятливо для екології. Нижче наведені такі відправні пункти:

1. Дизайн продукту повинен бути таким, щоб вихідні від вас прямі або непрямі впливи на екологію були невеликі. Цього можна домогтися, збільшуючи термін служби продукту (багатооборотна тара), що досягається підходящою конструкцією, доступністю запасних частин і комунальних послуг. Формування належного видалення відходів включає припущення, що відходи не утворюються або можуть бути рециркульовані.

2. При виборі вхідної сировини необхідно подумати про можливість іншої сировини, що дає менше відходів. Якщо це неможливо, варто випробувати заміну або щонайменше зменшити кількість вхідної сировини.

3. Варто також удосконалити метод виготовлення за допомогою безвідходного виробництва замість максимальної утилізації

матеріалу й зменшення частки матеріалу за допомогою технологічних або конструкційних заходів.

Що стосується транспорту, видалення відходів турбує все суспільство й тим самим – соціальні інтереси. Виникають витрати, які обтяжують суспільство в результаті діяльності підприємств і які частково важко охопити. Завданням логістики видалення відходів є планування й реалізація інфраструктури видалення відходів у спільних інтересах. Сюди входять, наприклад, законодавство й установлення політико-економічних принципів видалення промислових і побутових відходів, а також створення смітників.

Транспортна логістика. Транспортна логістика організаційно розташована в транспортних підприємствах, основною метою яких є логістичне виконання послуг. Істотним завданням транспортної логістики є розробка нових технічних і організаційних рішень, що ведуть до створення більш економічних транспортних ланцюгів, і до розвитку логістичних послуг між виробничими й торговельними підприємствами, домашніми господарствами й т.д. Майбутнє належить послугам логістики підприємств, що пропонує раціональні, цілісні логістичні рішення для транспортного ланцюга. Вирішальне значення з погляду розвитку логістичних послуг має поділ потоків інформації й матеріалів, щоб випереджальний потік інформації міг краще влитися в транспортні ланцюги в результаті застосування електронної обробки даних.

Таким чином, ми розглянули в першому наближенні такі області логістики, як логістика заготівель, виробнича логістика, логістика розподілу і логістика видалення відходів. Тому можемо повернутись до логістичних систем інформації і керування.

У майбутньому поряд з такими єдиними апаратними інтерфейсами варто створювати також набори даних про рух, що охоплюють підприємства в цілому, щоб полегшити обмін даних між підприємствами. Сьогодні автомобільні підприємства застосовують єдині набори даних про рух, наприклад, при простежуванні транспорту між постачальником і транспортним підприємством в області закупівель (рис. 1.48).

Таким способом можуть бути проведені узагальнюючі системні аналізи на різних ієрархічних рівнях. Поряд з більш центрально орієнтованими моделями, як наприклад, буферна модель для планування, керування й нагляду за потоком матеріалів і потоком інформації можливі також децентралізовані моделі.

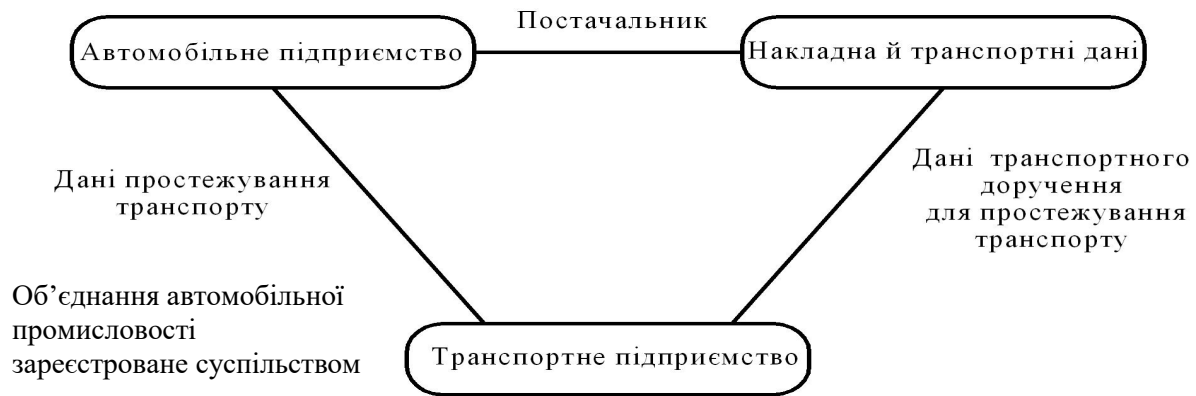


Рис. 1.48. Приклад набору рухів даних у логістиці

У структурі інформаційної системи відбита структура підприємства. Вона характеризує зв'язки між різними областями підприємства.

У промисловому підприємстві з погляду логістики можна розрізняти три ієрархічних рівні: *рівні менеджменту, логістики й потоку матеріалу*. До цієї *ідеальної структури* можна звести також інформаційну систему логістики, що охоплює підприємства в цілому. При цьому потрібно також, щоб залежно від розмірів і складності підприємства, на практиці були побудовані й інші ієрархічні структури. На рис. 1.49 поданий приклад ідеалізованої логістичної інформаційної системи промислового підприємства.

Ці дані й інформація проводяться через LAN (Local Area Network) (локальна обчислювальна мережа) і WAN (Worldwide Area Network) (глобальна мережа), які розташовані на рівнях потоку матеріалу, логістики й менеджменту підприємства. На рівні потоку матеріалів окремі засоби виробництва за допомогою сучасної техніки для передачі даних (див. підрозділ 1.8.3. Техніка передачі даних) підключені до окремих LAN.

Пристрої реєстрації даних у формі BDE-Пристроїв (переважно в ручних системах) або датчиків (в автоматичних системах) реєструють сигнали або дані у відповідних мережних

вузлах (буфер потреб або запасів, позиціонування засобів виробництва). При цьому різні процеси потоку матеріалу й засоби виробництва, що впливають на них, у складських системах, гнучких технологічних системах, системах сортування й комплектації логістики заготівель, виробництва, видалення відходів і розподілів цілеспрямовано ієрархічно зв'язуються в підтримувану ЕОМ систему керування й інформації CAL (логістика з ЕОМ-підтримкою).

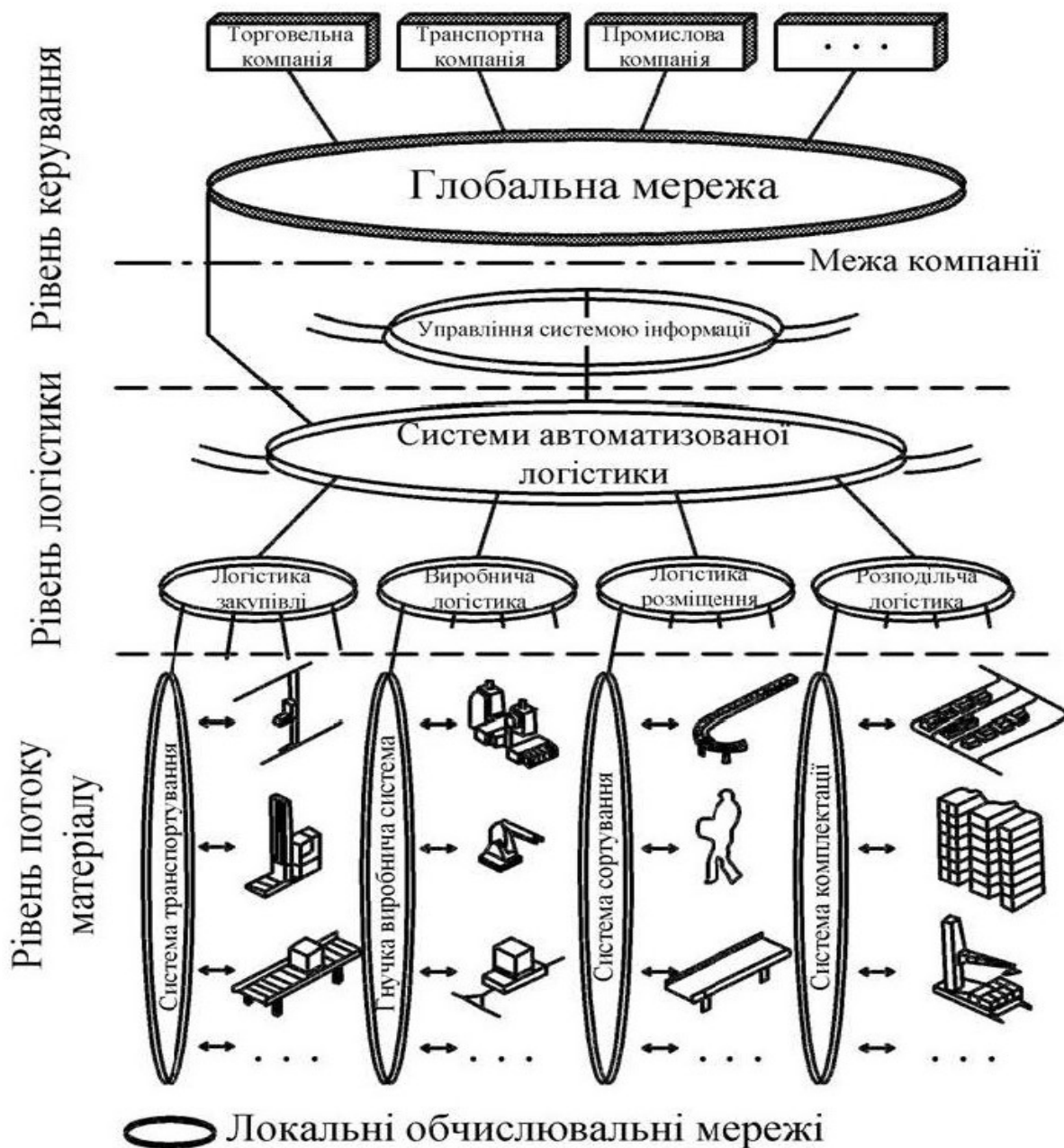


Рис. 1.49. Ідеалізована будова логістичних інформаційних систем

CAL може, у свою чергу, зв'язуватися в підприємстві з іншими LAN системами з ЕОМ-підтримкою. Крім того, вона спілкується з рівнем менеджменту й видає стислу інформацію для стратегічних і планових завдань, що доводяться до них. Через границі підприємства прокреслений шлях до формування подальших інформаційних мереж (WAN).

Об'єднання в загальну інформаційну систему, загалом, можливо також для підприємств, що бажають спілкуватися з віддаленими країнами, у тому числі з розташованими за океаном. Ця інформаційна система могла б функціонувати в рамках широко розгалужених мереж за допомогою створених в окремих підприємствах локальних мереж і з'єднань між цими локальними мережами, так званих відрізків передачі даних, наприклад, радіорелейних ліній (рис. 1.50).

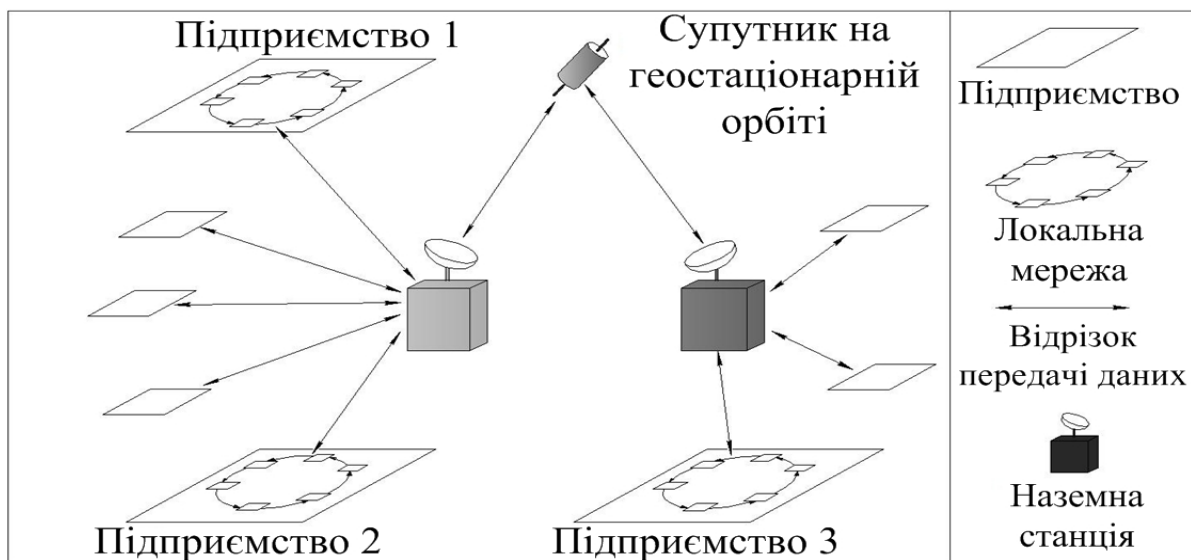


Рис. 1.50. Будова зв'язку широко розгалуженої мережі через супутник

Якщо показана на рис. 1.50 інформаційна система з ідеальною структурою повинна функціонувати з ЕОМ-підтримкою, потрібно мати її зображення на відповідних комп'ютерах. Далі, варто визначити місця в підприємстві, в яких будуть відбуватися реєстрація, а також введення й видача інформації. Треба окремо встановити зміст інформації. Логістичні інформаційні системи з ЕОМ-підтримкою є сьогодні в підприємствах

лише як острівці. Перед використанням цілісної системи постають різні проблеми, що вимагають рішення, наприклад:

- відсутність можливості раціонального зв'язку між різною апаратурою й програмними продуктами через недостатньо стандартизовані інтерфейси;
- відсутність достатньої економічності й амортизації для систем з ЕОМ-підтримкою порівняно із простими ручними системами в окремих областях.

1.6.3. Логістика з ЕОМ-підтримкою в підприємствах

Під поняттям СІМ (комп'ютерно-інтегроване виробництво) розуміється створення мережі промислових підприємств із ЕОМ-підтримкою. У минулому це стосувалося переважно виробничих підприємств. Відповідно, у майбутньому інтеграція комп'ютерів повинна бути перенесена й на так звані логістичні підприємства. Метою логістичних підприємств є не створення доданої вартості, а тільки надання логістичних послуг. Це можуть бути, наприклад, торговельні підприємства або транспортні підприємства, або підприємства, що надають загальні послуги у формі логістичних послуг.

Для наскрізної мережі логістичних підприємств із ЕОМ-підтримкою було уведено поняття СІЛ (*комп'ютерно-інтегроване логістичне підприємство*), що є синонімом СІМ для промислових підприємств. Це поняття, аналогічно СІМ, містить всі комп'ютерно-інтегровані функції, наприклад, у торговельному або транспортному підприємстві. На рис. 1.51 подана класифікація обох понять, СІМ і СІЛ, що розрізняється залежно від виду підприємства (виробниче або логістичне).

СІМ та САМ поряд з виготовленням і монтажем охоплює класичні функції потоку матеріалів, як, наприклад, складування, просування й навантаження–розвантаження. Тому САМ у промисловому підприємстві описують як *виготовлення й потік матеріалів з ЕОМ-підтримкою*. Таке розширення назви більше підходить для майбутнього позначення наскрізної функції потоку матеріалів, чим для виготовлення. САМ містить також завдання, необхідні для оперативного виконання процесів потоку матеріалів і виготовлення. Завдання управлінського й диспозитивного

характеру в майбутньому візьме на себе CAL (логістика з ЕОМ-підтримкою). CAL охоплює також систему планування й керування виробництвом (PPS) і логістичну систему інформації й керування (LIS). Між PPS і LIS є багато зв'язків і перетинань, які в майбутньому приведуть до їхнього сплавлення в інструмент CAL, за допомогою якого можна керувати всіма способами виробництва й потоку матеріалів підприємства як системою в цілому.

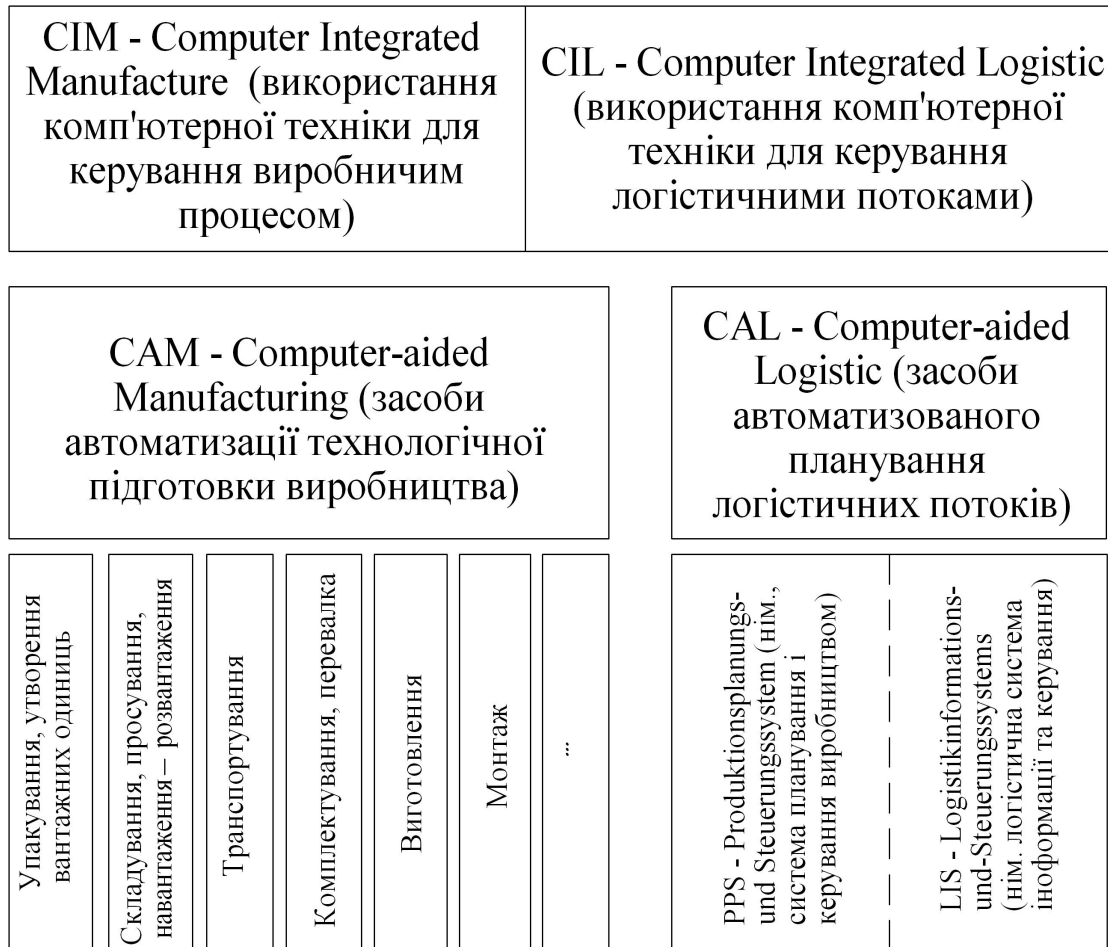


Рис. 1.51. Поняття в логістиці з ЕОМ-підтримкою і їхньою класифікацією

Потім можуть бути більш доцільними, ніж сьогодні вирішені, такі завдання, як наприклад, замовлення на диспонування, планування маршрутів, установлення термінів для замовлень і ємностей для виготовлення й узгодження транспорту. Із застосуванням CAL на про мисловому підприємстві можливий новий підхід до керування виготовленням і потоком матеріалу.

Обидві системи з ЕОМ-підтримкою, тобто САМ і САЛ, мають інтерфейси, через які повинен забезпечуватися необхідний обмін даними й інформацією. У майбутньому вони повинні бути структуровані й стандартизовані.

САМ і САЛ у представленій тут формі є важливими інструментами в рамках СІМ у виробничому підприємстві з ЕОМ-підтримкою. Порівнянного значення набувають обоє поняття в логістичних підприємствах у рамках СІЛ. Логістичні підприємства не створюють доданих вартостей. У рамках СІЛ на САМ виконується виготовлення й монтаж, а САЛ охоплює компоненти РРS. У логістичних підприємствах справа більшою мірою стосується керування потоком матеріалу. Структура логістичних підприємств із ЕОМ-підтримкою залишається такою ж, як і структура промислового підприємства.

ЕОМ-підтримка на підприємствах доцільна не тільки в області виготовлення й потоку матеріалу з використанням САМ і САЛ. Подальшими прикладами можливої ЕОМ-підтримки є дослідження й розробка, планування, підготовка робіт, комунікації, архівування робочих документів або сертифікатів якості. Всі встановлені в одному підприємстві комп'ютери повинні в майбутньому використовувати загальну *центральну комунікаційну мережу*, щоб усім областям підприємства був забезпечений безпроблемний доступ до всіх наявних даних і інформації. На рис. 1.52 важливі системи з ЕОМ-підтримкою пов'язані в одну центральну комунікаційну мережу. Цим можна досягти максимально можливої прозорості підприємства й інформації, наданої в розпорядження різних областей. Прикладами можуть служити підтримане ЕОМ забезпечення якості САQ (якість із підтримкою комп'ютера), впроваджена ISDN (цифрова мережа з інтеграцією служб), яка підсилює інтерес до області САО, що у промислових підприємствах відіграє важливу роль у різних окремих системах, як і в логістичних підприємствах, наприклад, у транспортних підприємствах. Далі стисло описані деякі інші важливі системи з ЕОМ-підтримкою поряд із уже описаними САЛ і САМ.

Поняття CAD (Computer Aided Design) (автоматизоване проектування) охоплює допоміжні засоби, що дозволяють провести обробку геометричних даних. Такими геометричними дани-

ми можуть бути, наприклад, креслення конструкції виробничих засобів або частин виробничого засобу, плани будинків і підприємств або проста діаграма. У порівнянні з багатьма іншими комп'ютеризованими системами CAD більше розроблена й дозволяє представити дуже складні конструкції. Завдяки різнобічним можливостям застосування системи CAD вже виправдали себе в багатьох підприємствах. Найчастіше знаходять системи CAD убудованими в системи САМ, які в цьому випадку позначають як системи CAD/ САМ. У їхній основі лежить наскрізне використання в рамках конструкції уведених геометричних даних для розробки програм для виробничого засобу.

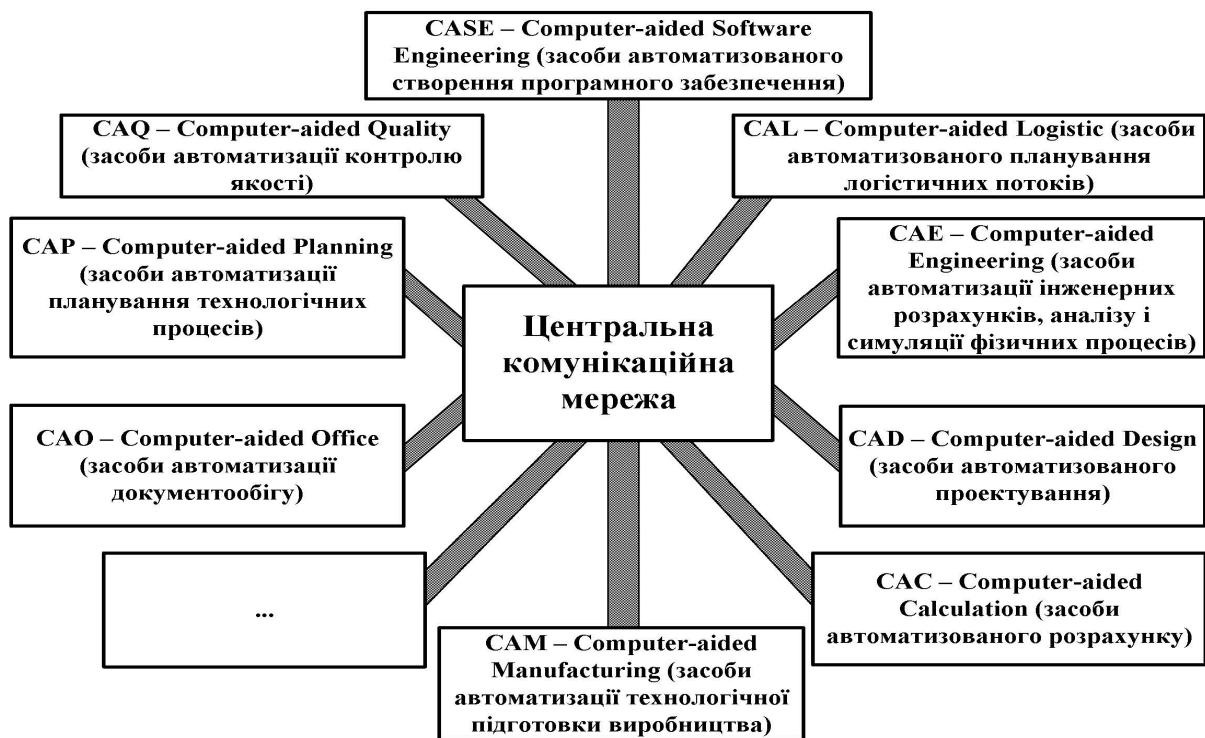


Рис. 1.52. Важливі комп'ютеризовані функції у з'єднанні із центральною комунікаційною мережею

Значення CAE (Computer Aided Engineering) (автоматизоване конструювання) від його введення до сьогоднішнього дня перетерпіло зміни. У той час як спочатку під CAE розуміли різні допоміжні засоби, що підтримують конструювання, наприклад, моделі інструментів, сьогодні під CAE розуміють тільки допоміжні засоби, використовувані для розробок в області електротехніки. Сюди входить, наприклад, складання принципових схем електроустаткування, схем і переплетіння друкованих

плат і складання планів електропроводки. Таким чином, перед системою CAD стоять ті ж самі завдання, так що розходження між основною побудовою систем CAD і CAE невеликі.

Автоматизовані методи розрахунку, якими користуються по суті в конструюванні, охоплюють інструменти розрахунку для визначення розмірів виробів (метою кінцевого елемента) – (Finite Element Programme) і модельні інструменти. Вони підсумовані під заголовком CAC (Computer Aided Calculation) (*автоматизоване обчислення*).

Програми, необхідні підприємствам для роботи із пристроями обробки даних, стають усе більше продуктивними й одночасно більш складними й об'ємними.

Тому ж нестача у програмному забезпеченні в багатьох підприємствах сильно зросла у порівнянні з минулим. Тому сьогодні для розробки програмного забезпечення часто застосовуються інструменти, що підтримують різні фази процесу розробки. Вони описуються поняттям CASE (Computer Aided Software Engineering) (*автоматизована розробка програмного забезпечення*). Окремо розрізняють інструменти для створення ескізу, інструменти кодування, засобу тестування й інструменти документації (див. підрозділ 1.7.4.1. Методи обробки даних в інформаційних системах), сьогодні є велика кількість інструментів кодування.

CAO (Computer Aided Office) (*автоматизований офіс*) охоплює інтеграцію в ЕОМ типових канцелярських функцій, наприклад, складання ділової документації, поділ і архівування, а також послуги зв'язку, наприклад, телефакс, телекс і систему відеотексту. Зокрема, завдяки новим можливостям зв'язку, які пропонує уведена ISDN (Integrated Services Digital Network) (цифрова мережа з інтеграцією служб), область CAO залучає все більший інтерес.

CAQ (Computer Aided Quality) (Якість із комп'ютерною підтримкою) охоплює забезпечення якості з ЕОМ-підтримкою, що має значення не тільки усередині процесів виготовлення. Якість логістичних послуг також вимагає нагляду й забезпечення. Забезпечення якості з ЕОМ-підтримкою може бути необхідно не тільки в підприємстві, але й за його межами аж до постачальника. Зокрема, з погляду логістичних стратегій, наприклад, «Just-in-Time», значення має початок забезпечення якості вже в постачальника.

Виробництво з оптимальним використанням виробничих засобів і товарів при зростаючій складності продукції вимагає підви-

щення витрат на планування, наприклад, в області планування роботи. Планування роботи з ЕОМ-підтримкою, САР (Computer Aided Planung) (*планування з комп'ютерною підтримкою*) охоплює, поряд із іншим, планування ходу робіт, що встановлює черговість різних робочих процесів. Можливе планування процесу містить створення програми для засобів виробництва з комп'ютерним керуванням, завдання часу або вибір засобу виробництва. Зокрема, у цій області від конструкцій з комп'ютерним керуванням (CAD, CAE) і від логістики (CAL) потрібно, щоб вони могли бути передані через *центральну комунікаційну мережу*.

Поряд із поданими функціями з комп'ютерним керуванням у майбутньому можливі й інші функції з комп'ютерним керуванням, наприклад, технічне обслуговування. Особливе планування логістичних систем з комп'ютерним керуванням і підприємства в цілому в майбутньому варто інтерпретувати як постійний процес.

Контрольні запитання до підрозділів 1.4–1.6

1. Шість належних завдань логістики, що виражають мету логістичного мислення.
2. Центр керування логістики на фабриці завтрашнього дня.
3. Керування виробництва з метою максимального завантаження.
4. Керування процесом транспортування з метою оптимізації руху матеріалів.
5. Вертикальна будова логістики підприємства.
6. Загальна будова логістики підприємства.
7. Причини створення запасів матеріалів на підприємстві.
8. Логістичний контролінг і логістичний процес
9. Важливі системні величини в логістиці.
10. Якісне ціноутворення, залежне від запасів.
12. Стратегічні потенціали логістики.
12. Залежність терміну виконання замовлення через час очікування матеріалу.
13. Залежність способу керування від часу доставки.
14. Поняття термінів Канбан, OPT, MRPS, JIT.
15. Тенденції зміни числа постачальників.
16. Типові логістичні показники.
17. Завдання інформаційних систем.
18. Будова інформаційних систем.

19. Принципові порівняння MPM, CPM і PERT.
20. Мережі національної економічної логістики.
21. Етапи виробничого планування і керування.
22. LIS та PPS в загальній інтегрованій системі.
23. Канали збуту системи розподілу.
24. Цикл видалення відходів.
25. Ідеалізована будова логістичних інформаційних систем.
26. Будова зв'язку широко розгалуженої мережі через супутники.
27. Важливі комп'ютеризовані функції у поєднанні з центральною комунікаційною мережею.

1.7. Система керування

1.7.1. Завдання системи керування

Нижче будуть представлені системи керування, які використовують на промислових підприємствах для керування окремими засобами виробництва, підсистемами окремих засобів виробництва або установок з багатьма взаємозалежними засобами виробництва. Термін *Керування* нормовано у стандарті DIN 19226.

Поняття «Управляти – Керувати – це процес у системі, у якій виробляється реєстрація однієї або декількох величин у вигляді вхідних параметрів інших величин, але вже у вигляді вихідних величин на основі, що впливає на властиві системи закономірності. Ознакою поняття Управляти є відкритий процес впливу через окремий передатний елемент або ланцюг керування».

Поняття Регулювати також підпадає під визначення цього стандарту.

Поняття «Регулювати – Регулювання – представляє собою процес, під час якого здійснюється безперервна реєстрація величини, що регулюються. Після порівняння з іншими величинами й залежно від результату цього порівняння, здійснюється вплив на керуючі величини для вирівнювання розбіжності. Виникаючий при цьому процес впливу здійснюється в закритому ланцюзі «контури регулювання» (див. підрозділ 1.6.2. Будова інформаційних систем, рис. 1.36.)

Отже, управляти означає, що на характеристику засобу виробництва можна впливати таким чином, як, наприклад, щоб рухи

відбувалися в певній часовій послідовності. Якщо це перенести на вантажозахоплювальний пристрій автоматичного підлогового транспортного засобу, то це буде означати, що рух підйому й телескопічного механізму мають бути погоджені один з одним.

Залежно від відповідної вхідної величини керування можна робити розходження між, наприклад, послідовними керуваннями, програмно-тимчасовими керуваннями й цикловими програмними керуваннями. Відповідно до цього, як вхідні величини використовують календарні й оперативні плани.

За допомогою системи керування можна робити так само й регулювання процесу. У такому випадку в процес вводять не тільки дані (сигнали керування, дані керування) і роблять, таким чином, на нього вплив, але при цьому здійснюється так само й зворотна передача даних у систему керування. Отже, система регулювання може описуватися як розширена система керування, однак при цьому далі загальне поняття *система керування* буде застосовуватися й для систем регулювання.

На противагу інформаційним системам, які в першу чергу виконують стратегічні й адміністративні завдання, системи керування використовують для оперативного керування процесами (див. підрозділ 1.5.1. Системні величини). Таку систему керування можна використовувати, як у підсистемах засобів виробництва, наприклад, в окремих приводах, так і в комплексних установках, які складаються з декількох окремих засобів виробництва. У загальній системі керування комплексних технологічних систем і системах матеріального потоку також потрібна диспозитивна частка системи керування. Ця частина системи керування реалізується на рівні логістики в рамках комп'ютеризованої логістики CAL. Тут проявляється поточний перехід від інформаційної системи до системи керування, при цьому, у принципі, системи керування можуть представляти собою частини інформаційної системи.

Типовими завданнями системи керування в системах матеріального потоку є цільове керування й керування позиціонуванням систем транспортування, наприклад, автоматичних засобів підлогового транспорту, електричних підвісних механізмів для переміщення, автоматичних розподільних механізмів або стелажних штабелерів. Наступне завдання систем керування полягає у засто-

суванні контурної системи керування (CP – Connection Point) або системи керування в режимі позиційного керування (PTR – Point-to-Point) захопленням маніпулятора. Далі системи керування використовуються в динамічних засобах прийому товарів на зберігання для керування окремими приводами стелажних штабелерів або для керування потоком контейнерів у комплексній установці транспортування контейнерів у центрі з розподілу товарів.

На прикладі рухливого автоматичного підлогового транспортного засобу, що використовується в роботизованій транспортній системі (FTS – Fahrerlosen Transportsystem), нижче будуть особливо відзначені оперативні, диспозитивні й адміністративні частини системи керування, а також продемонстровані потокові переходи між системами керування й інформаційними системами.

Система керування автоматичного підлогового транспортного засобу складається, по суті, із системи *керування приводом, керування напрямком, керування позиціонуванням і керування вантажозахоплювальними пристроями*. Вона обслуговує оперативні функції автоматичного підлогового транспортного засобу.

Завдання *керування приводом* полягає в налаштуванні тягових двигунів і гальм. Система керування регулює прискорення й гальмування й забезпечує рух на різних швидкостях, наприклад, уповільнений хід або рух з "повзучою" швидкістю й швидкий рух. За рахунок використання двигунів з регульованою частотою обертання приводу можна здійснювати зміну швидкості.

Система *керування курсом* направляє автоматичний підлоговий транспортний засіб за попередньо заданим курсом, найчастіше по індуктивному напрямному кабелю. За рахунок регулювання приводів запобігається схід з напрямного кабелю.

Система керування позиціонуванням забезпечує точне позиціонування автоматичного підлогового транспортного засобу в точках контрольної зупинки. У цих місцях можуть прийматися й, відповідно, розвантажуватися тарні одиниці. Визначення правильного положення може виконуватись за допомогою відповідних цифрових датчиків; або абсолютних, або інкрементальних (імпульсних), або інкрементальних, спарених з абсолютними. Аналогова реєстрація положення, у такому вигляді, у якому вона в

минулому часто застосовувалася в маніпуляторах—навантажувачах багатоярусного складу, в автоматичних підлогових транспортних засобах, як правило, не застосовується.

Система керування вантажозахоплювальними пристроями здійснює керування при активному розвантаженні або прийомі (навантаженню) тарної одиниці (наприклад, роликовий конвеєр або піднімальний стіл) на автоматичному підлоговому транспортному засобі. Якщо під час перевантаження використовуються інші стаціонарні й активні засоби виробництва, то в такому випадку необхідно забезпечити відповідну синхронізацію обох засобів виробництва, яку можна здійснити, наприклад, за рахунок комунікації між системами керування (які приймають участь у регулюванні засобів виробництва). Наведені компоненти системи керування використовують безпосередньо для оперативного керування окремими підсистемами (приводи, регулювання напрямку, вантажозахоплювальні пристрої) в автоматичному підлоговому транспортному засобі й, таким чином, вони є пересувними.

Наступними компонентами системи керування, які забезпечують роботу автоматичного підлогового транспортного засобу між джерелом навантаження й розвантаження, є *цільове керування й керування напрямом руху* роботовізків. Також ці компоненти сприймають оперативні функції керування. Вони розташовані стаціонарно й дозволяють у випадку індуктивного визначення напрямку автоматичного підлогового транспортного засобу їх контролювати.

Цілеспрямована система керування дозволяє вибирати прийнятний шлях від джерела навантаження до розвантаження, наприклад, від надходження товару на склад. У комплексній системі транспортування без оператора часто існують різні локальні ділянки навантаження й розвантаження, так що можливо використовувати кілька напрямків.

Система керування маршрутом траси контролює рух на перехрестях і зчленуваннях. Основою цього керування є блок-дільниці, які відповідно до заданої стратегії вмикаються або вимикаються.

Система транспортування без оператора з декількома автоматичними підлоговими транспортними засобами присутня ще в одній системі керування, що здійснює, наприклад, керування

потребами у транспорті, *диспозицію автоматичних підлогових транспортних засобів і керування замовленнями.*

Система керування потребами у транспорті визначає необхідний транспорт на підставі заявок про потребу. За допомогою цього виробляється диспозиція всіх автоматичних підлогових транспортних засобів усієї системи керування. Подане замовлення на транспорт під час обробки контролюється системою керування замовленнями.

Систему керування транспортом без оператора можна розташувати по ієрархії у трьох рівнях. Перший рівень включає оперативне керування окремими компонентами автоматичних підлогових транспортних засобів. Другий рівень включає систему керування курсом траси, по якій переміщуються автоматичні підлогові транспортні засоби, а на третьому рівні виконується виробниче планування окремих автоматичних підлогових транспортних засобів у рамках системи транспортування без оператора. При цьому стає зрозуміло, що оперативні функції керування й тим самим компоненти системи керування змінюються від рівня до рівня відповідно до керованих підсистем.

Якщо на першому рівні перебувають компоненти для керування окремими підсистемами автоматичного підлогового транспортного засобу, то в такому випадку на другому рівні використовують компоненти системи, які оснащені необхідними для напрямку (ведучий кабель) автоматичного підлогового транспортного засобу. При загальному розгляді системи транспортування без оператора необхідно визначити, що на третьому рівні необхідно також передбачити функції, орієнтовані на керування, наприклад, диспозицію. У цьому випадку оперативна функція призначена для роботи всієї системи. Таким чином, перехід в інформаційну систему в рамках CAL з описаного третього рівня є плавним.

1.7.2. Структура систем керування

На рис. 1.53 схематично показана будова системи керування без системи регулювання й з її використанням. Система керування без регулювання впливає на основні засоби виробництва або процеси за допомогою виконавчих елементів керування. Керування основними засобами виробництва й процесами можуть

робити оператори за допомогою контрольних величин, які одержують із основних засобів виробництва або процесів. На противагу цьому із системи керування з регулюванням за допомогою датчиків здійснюється реєстрація керуючих (регулюючих) величин основних засобів виробництва або процесів, які після цього відправляються в систему керування. В остаточному підсумку одержують замкнений контур (контур регулювання).

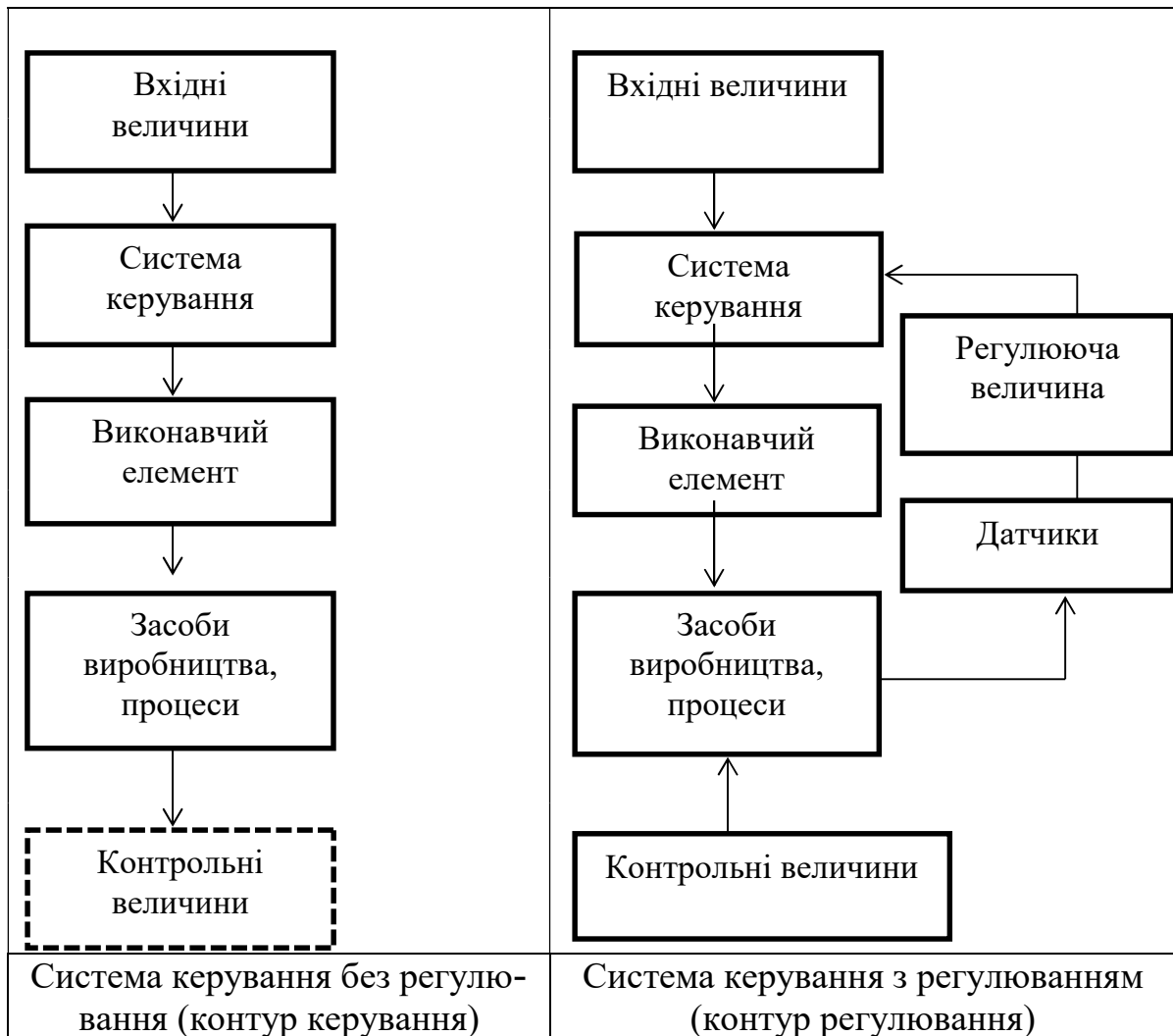


Рис. 1.53. Структура систем керування з використанням і без використання системи регулювання

Залежно від *ступеня автоматизації* системи керування розрізняють ручні, механічні (тобто, частково автоматичні) і автоматичні системи. У ручних і механічних системах використовується оператор, що представляє собою частину системи керування. Штабелеукладач, функції якого, наприклад, опускання вилкового захвату, позиціонування й захват вантажу виконує

оператор, має ручну систему керування. Механічні системи керування основними засобами виробництва знижують витрати на обслуговування за допомогою оператора за рахунок того, що вони, наприклад, вводять і включають інформацію для здійснення процесу послідовності рухів основного засобу виробництва.

Під механічними системами керування мають на увазі системи, які автоматично керують частковими функціями основних засобів виробництва. Однак загальними функціями основного засобу виробництва повинні управляти оператори. На практиці цей тип керування основними засобами виробництва часто також називають системою керування за допомогою *(кулачкового) командо-контролера*.

Якщо для керування основними засобами виробництва, а також і декількома об'єднаними основними засобами виробництва не потрібен оператор, то в такому випадку мова йде про автоматичну систему керування. Автоматична система керування використовується, наприклад, у багаторусній складській системі. Втручання оператора в оперативне керування багаторусною складською системою не потрібно.

Якщо в технологічному або матеріальному потоці з керуванням від автоматичної системи керування використовується оператор, то в такому випадку від нього не потрібно здійснювати функцію обслуговування основного засобу виробництва. Як приклад у цьому випадку можна назвати комплектувальника (як оператор), що переміщається в кабіні стелажного штабелера. Цей комплектувальник витягає пакети з осередків стелажів і укладає їх на піддон (палету), що передбачена для цієї мети. Однак рух стелажного штабелера здійснюються автоматично за допомогою системи керування. Штабелер повинен тільки реєструвати виконане замовлення.

У механізованих і автоматизованих системах керування використовують програмне керування від запам'ятовувального пристрою, системи керування з використанням мікрокомп'ютера й комп'ютерну керуючу систему (див. підрозділ 1.8.4.2. Техніка обробки даних у системах керування). Релейне керування, не зважаючи на малу вартість електронних напівпровідникових приладів (наприклад, мікропроцесорів, запам'ятовувальних пристроїв), які виконують основні функції програмувального контролера з керуванням від програми, що зберігається в пам'яті, системи керування з використанням мікрокомп'ютера й комп'ютерної керуючої системи, у цей час використовують дуже рідко, а якщо використовують, то тільки для вирішення дуже простих завдань

керування. Залежно від комплексності функцій керування застосовують системи керування різної продуктивності. Так, наприклад, керування основних засобів виробництва, зокрема, електричних монорейок, штабелерів або автоматичних засобів підлогового транспорту здійснюється за допомогою керування від програми, що зберігається у пам'яті. Для комплексних систем матеріального потоку, наприклад, систем багатоярусного стелажа, включаючи використовувані в багатоярусних стелажах транспортні засоби, потрібні, як правило, потужні системи керування, зокрема, системи керування з використанням мікрокомп'ютера й комп'ютерної керуючої системи. Часто використовують так само другий, паралельний керуючий комп'ютер, щоб при виході з ладу першого з них другий керуючий комп'ютер взяв на себе (перейняв) оперативне керування матеріальним потоком у всій системі. Тому у значній мірі підвищується коефіцієнт готовності системи матеріального потоку.

Поряд зі ступенем автоматизації інтерес представляє так само, як і в інформаційній системі, *структура* системи керування. Системи керування підрозділяють на централізовані й децентралізовані системи керування. Можуть використовуватися також і змішані форми.

Централізована система керування забезпечується центральною керуючою (обчислювальною) машиною, до якої підключені всі допоміжні засоби виробництва. При цьому всі завдання керування в загальну систему завдання, наприклад, у систему транспортування, регулювання керування, диспозицію й керування транспортними засобами виробляються центральною керуючою (обчислювальною) машиною. Центральна керуюча (обчислювальна) машина придатна, особливо, для систем транспортування з деякими транспортними засобами.

Децентралізовані системи керування розраховані, зокрема, для розгалужених систем транспортування з *багатьма* транспортними засобами. У такій системі керування інші керуючі (обчислювальні) машини, підлеглі централізованої керуючої (обчислювальної) машині, приймають завдання керування в підсистемах системи транспортування. Таким чином здійснюється розвантаження централізованої керуючої (обчислювальної) машини.

Системи керування на рівні матеріального потоку підприємства в майбутньому будуть підключатися через локальні мережі до системи логістики. Як приклад на рис. 1.53 показаний рівень керування системою складування, гнучкою технологічною

системою, системою сортування й системою комісіонування (комплектування) замовлень на складі. Передбачуване в майбутньому можливе підключення до системи логістики підприємства через локальні мережі, забезпечить у такому випадку можливість керування матеріальними потоками й засобами виробництва в рамках комбінованих систем комп'ютерного планування й керування виробництвом і систем керування виробництвом (PPS) і інформаційних систем керування логістикою (LIS) і (CAL) «Computer Aided Logistics» (див. підрозділ 1.5.3. Логістика з ЕОМ-підтримкою на підприємствах).

1.8. Засоби забезпечення потоку інформації

1.8.1. Носії даних

Носії даних представляють собою матеріальні носії. Сюди належать всі засоби, які дозволяють робити запис даних. Залежно від фізичного принципу, за допомогою якого можна зчитувати й записувати дані на носій інформації, використовують механічне, магнітне й електронне кодування (див. підрозділ 1.8.1.2. Програмувальні носії даних). Якщо носії даних можна використовувати для багаторазового запису, тобто, перепрограмувати, то це означає, що їх можна повторно використовувати й тому після використання вони не стають непридатними. Перепрограмування можна робити з контактом, наприклад, при використанні магнітної картки, що переміщається через звукову головку, або ж без контакту. Для програмувальних носіїв без контакту даних прижилася назва «Програмувальний носій даних» (PDT–Programmierbaren Datenträger).

1.8.1.1. Типи кодування. Основною відмітною ознакою носіїв інформації є тип їхнього кодування. Відповідно до вимог стандарту DIN 44300 код позначають як «Приписання для взаємооднозначної відповідності знаків набору [комплекту] символів відносно знаків іншого набору [комплекту] символів». При цьому як носії даних можуть використовуватися, наприклад, наклейки або самі товари. Непрограмувальні носії даних використовуються переважно в таких випадках, у яких стан маркірованих товарів у процесі матеріального потоку вже більше не змінюється або не повинен змінюватися, тобто там, де дані протягом усього матеріального або технологічного процесу залишаються ідентичними. Вони відносно не дорогі й із цієї причини їх можна використовувати для індивідуального маркування

масових товарів, як це має місце, наприклад, у промисловості для виготовлення товарів споживання.

Людина без допоміжних засобів не може зчитувати всі види кодування, тому повинна використовувати їх. Можливо зчитувати оптичні кодування незашифрованого тексту, наприклад, систему оптичного розпізнавання текстів OCR (Optical Character Recognition), що позначена так званим шрифтом OCR-A і шрифтом OCR-B. На рис. 1.54 наведено кілька механічних, магнітних і оптичних типів кодування з виконаними носіями даних різних типів.

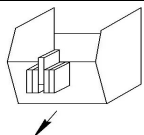
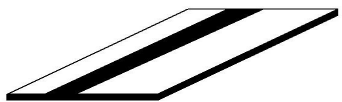

Кодування		Приклади виконання кодованого носія даних	
З механічним кодуванням	<ul style="list-style-type: none"> • Перфорований код • Матричний код 		
		Перфострічка	Кулачкове кодування
З магнітним кодуванням	<ul style="list-style-type: none"> • Магнітна стрічка • Магнітні стрижні • Магнітний шрифт 		
		Магнітна стрічка	
З оптичним кодуванням	<ul style="list-style-type: none"> • Цифри й числа • Система OCR OCR-A OCR-B • Штрих-код (штриховий код) Код 2/5; перемежований Європейський товарний код, ЕТК • Геометричні фігури • Колірний код 	0123456789 ABCDEFGHIJKLM NOPQRSTUVWXYZ . , = + - / * -	
		Шрифт OCR-A	
			
		2/5 перемежований	
		 4 6 0 7 0 8 6 4 1 0 6 3 9	
		Європейський товарний код (EAN)	

Рис. 1.54. Приклади механічних, магнітних та оптичних кодувань

Механічне кодування, як правило, не дороге, просте в обігу й міцне. Зчитування можна робити, наприклад, за допомогою механічного або індуктивного перемикача або оптичного світлового затвора.

Магнітне кодування, як правило, нечутливе до зарядження і має високий ступінь надійності при зчитуванні. Магнітна картка може вміщати великий обсяг даних. Недоліком магнітної картки є відносно висока вартість носіїв даних і пристроїв для зчитування.

Оптичне кодування, спеціальні штрихкоди в цей час одержали найбільш широке розповсюдження, завдяки недорогим носіям даних і високому ступеню надійності зчитування.

Оптичне кодування вимагає дуже складних з технічної точки зору й тим самим дорогих носіїв даних. Електронне кодування застосовується у програмувальних носіях даних (PDT).

1.8.1.2. Програмувальні носії даних. Якщо стосовно об'єкта дані змінюватимуться під час процесу матеріального потоку, то в такому випадку буде доцільно використовувати програмувальні носії даних. Витрати на ці системи, які складаються, як правило, з носіїв даних, а також позицій зчитування й програмування, що забезпечують безконтактне читання й запис, становлять, як правило, більш вартісні системи з непрограмувальними носіями інформації. Із цієї причини використання програмувальних носіїв даних (PDT) виправдано тільки за певних умов.

Програмувальні носії даних можна використовувати повторно. Їх, як правило, установлюють на пристосуваннях для кріплення виробів або на допоміжних засобах навантаження, але не на заготівлях, виробах або на упакованнях. Їх не відправляють за межі підприємства. Дані про вироби, які перебувають у пристосуваннях для кріплення виробів або на засобах навантаження можна відправляти на зберігання під час матеріального потоку або технологічного процесу. У такий же спосіб можна протоколювати вироблення продукту. Область застосування: у цей час вони дуже широко використовуються в автомобільній промисловості. Виробництво в автомобільній промисловості вже в минулому стало все більше орієнтуватися на запити клієнтів. Це означає, що клієнт у стані впливати на виконання своїх побажань під час виготовлення автомобіля. Таким чином, можна створити великий набір даних для кожного транспортного засобу, що потім буде відправлений на програмувальний носій інформації.

Крім того, програмувальні носії інформації (PDT) використовуються в області обробки різанням. У цьому випадку на інструментах можуть закріплюватися PDT і, таким чином, вони можуть із високим ступенем надійності розпізнаватися автоматичними системами. Часто дані можуть посилати на зберігання пам'ять не тільки на початку транспортного ланцюга, але також і під час проходження транспортного ланцюга. В області обробки різанням можна, наприклад, збирати дані про стан інструментів протягом усього матеріального потоку й технологічного процесу.

Важлива перевага програмувальних носіїв інформації полягає в тім, що матеріальний потік завжди підключається до потоку інформації й із цієї причини майже не виникають проблеми синхронізації.

За допомогою інформації, що зберігається у програмувальному носії даних, можна здійснювати не тільки протоколювання, але також і керування. Окремими засобами виробництва, які використовують, наприклад, у процесі складання автомобіля, можна управляти за допомогою даних, які зберігаються у програмувальному носії даних. Таким чином, можна безпосередньо впливати на матеріальний потік і технологічний процес. Отже, матеріальний потік не орієнтується в цей час на стратегії, які розташовані за ієрархічним принципом у керуючій обчислювальній машині, а він за допомогою даних направляється в обертовий допоміжний засіб для навантаження. Так, наприклад, на лінії зварювання кузовів автомобілів на підприємстві з виготовлення автомобілів заготівлі кузовів автомобілів можна підводити до відповідного виробничого устаткування. Відповідно до цього можна належним чином підбирати зварювальні програми зварювальних робіт для певних заготівель кузовів автомобіля. Програмувальні носії даних можна використовувати також і поза виробничим підприємством як, наприклад, на транспортному підприємстві для ідентифікації контейнерів і, відповідно, залізничних вагонів.

У найближчі роки з'являться й інші приклади використання. Сюди належать використання в області персональної ідентифікації й ідентифікації транспортних засобів. Підлягаючі ідентифікації працівники, що перебувають в області автоматизованого матеріального потоку, можуть забезпечуватися програмувальними носіями інформації, які розміщують у каблучках взуття. Підлогові засоби виробництва, наприклад: автоматизовані засоби підлогового транспорту забезпечуються у свою чергу пристроєм, що зчитує, і тоді вони матимуть зупинятися в тім положенні, у якому вони розпіз-

нають програмувальний носій даних у працівника. Якщо працівник, забезпечений програмувальним носієм даних, знову покине область прийому, транспортний засіб зможе продовжувати рух. Такі системи можна використовувати також і в області автоматизованих маніпуляторів і, відповідно, у роботах. У цьому випадку можна буде відмовитися від використання механічних захисних зон, що замикаються.

У цей час на ринку є різні системи програмувальних носіїв інформації. Характерною відмітною ознакою PDT є вид способу передачі даних. Проводять наступне розподілення залежно від використовуваної довжини хвилі:

- індуктивна радіосистема;
- вторинна радарна система;
- мікрохвильова система;
- інфрачервона система.

Інфрачервона система в цей час ще відіграє другорядну роль. На рис. 1.55 наведені узагальнені характеристики деяких важливих програмувальних носіїв даних.

Спосіб передачі даних		Приклад А	Приклад В	Приклад С
Технічні параметри програмувального носія даних (PDT)		Індукційна радіосистема	Вторинна радіолокаційна система	Мікрохвильова система
Об'єм пам'яті		64 байт	256–2048 байт	16 байт
Час зберігання пам'яті		≥10 років	≥ 5 років	≥ 8 років
Частотність програмування		≥10 ¹¹	без обмежень	без обмежень
Частотність зчитування		без обмежень	без обмежень	без обмежень
Частотність стирання		≥10 ¹¹	без обмежень	без обмежень
Припустима відносна швидкість	програмування;	20 байт: 0,03 м/с	4 байт: 21 м/с	8 байт: 10 м/с
	зчитування	20 байт: 0,08 м/с	1 байт: 10 м/с	8 байт: 17 м/с
Відстань для програмування		0,015 м	≤ 5 м	2,0 м
Відстань для зчитування		0,015 м	≤ 5 м	1,5 м
Час зчитування		5 мс/байт	3,5 мс/байт	10 мс/байт
Час на програмування		12–48 мс/байт залежно від інтерфейсу	0,3 мс/байт	20 мс/байт
Розміри (мм х мм х мм)		100 х 50 х 15	121 х 80 х 24	89 х 63 х 23

PDT: = програмувальний носій даних.

мс: = мілісекунди.

Рис. 1.55. Приклади технічних характеристик обраних програмувальних носіїв даних

Для можливих областей застосування програмувальних носіїв даних має значення, зокрема, запрограмована відстань між PDT і позицією зчитування й програмування, обсяг пам'яті й час зберігання пам'яті. Далі має значення також і теплова й механічна стійкість, а також система енергопостачання.

Теплова стійкість становить інтерес для автомобільної промисловості, тому що в цьому випадку програмувальний носій даних супроводжує транспортний засіб під час усього виробничого процесу й при цьому можливо, що він після фарбування надійде в сушильну піч. У такому випадку PDT мають протягом процесу сушіння витримувати підвищену температуру.

Програмувальний носій даних можна описати згідно з наступною схемою:

- уведення даних у пристрій програмування;
- модуляція даних на електромагнітне поле й опромінення модульованого сигналу;
- прийом даних програмувальним носієм даних, що перебуває в електромагнітному полі;
- демодуляція прийнятого сигналу й зберігання переданих даних.

Зчитування даних із програмувального носія даних може проводитися у зворотному порядку.

1.8.2. Техніка збирання інформації

При потребі у здійсненні прямого керування технологічними процесами й матеріальними потоками виникає також необхідність у збиранні поточних даних із усіх зон підприємства. Приклади збирання інформації:

- облік робочого часу;
- облік даних основних засобів виробництва;
- забезпечення якості;
- контроль товарів на вході й на виході.

Збирання даних означає реєстрацію інформації з носія даних, що, як правило, доповнюються відповідною організацією. Використовувані для збирання дані системи можна підрозділити на *пристрої, що реєструють, і сенсорні датчики*.

За допомогою *пристроїв, що реєструють*, виробляється зчитування даних з носія інформації або реєстрація даних, у тому числі й вручну. Пристрої, що реєструють, використовуються для зчитування носіїв інформації, містять часто також сенсорні датчики. Зібрані дані можуть використовуватися, у тому числі й для обробки в інформаційній системі.

1.8.2.1. Пристрої, що реєструють. Для прямого введення даних у системи обробки (обчислювальні машини), що проводиться вручну, без зчитування носія інформації, для збирання даних використовують, зокрема, клавіатуру, що кодує планшети й маніпулятори «миша».

Широко розповсюджене введення даних, як правило, за допомогою клавіатури, подібної до тої, котра використовується в пишучих машинах. Часто використовують також і підтримуюче введення даних програмного забезпечення у вигляді екранної маски-шаблону. При цьому оператор робить введення даних за допомогою програмного керування в поле введення даних з метою збільшення швидкості введення й щоб знизити частку помилок при введенні.

За допомогою планшета, що кодує, можна також реєструвати ескізи, графіки або символи й перетворювати їх у придатну для зчитування обчислювальною машиною форму. Планшет, що кодує, складається, по суті, з натягнутої плоскої матриці. Окремі точки матриці активують за допомогою штифта, що підключений у вигляді схеми до матриці. Таким чином, можна зчитувати виникаючі при цьому дані. З окремих точок матриці в підключеній обчислювальній машині формують зображення, що зчитується.

Введення даних за допомогою маніпулятора «миша» відбувається подібно тому, як це має місце у планшеті, що кодує. При цьому «миша» переміщається по поверхні. Правда, тут поверхня є не активною, а пасивною. Активною частиною системи є «миша», за допомогою якої, як правило, за рахунок руху кочення кульки «миші» виробляється реєстрування руху на поверхні. Рух кочення кульки перетвориться в координати поверхні, з яких підключена обчислювальна машина може виводити ескізи, графіки або символи.

Для збирання інформації з носія даних є різні системи, які у змозі зчитувати механічне, магнітне, оптичне й електронне кодування. На рис. 1.56, як приклад, показані пристрої, що реєструють, які розраховані на зчитування часто використовуваних оптичних кодувань. Ці пристрої, що реєструють, представляють собою, зокрема, ручне світлове перо, ручний лазерний сканер, однорядкову камеру, а також і матричну камеру (плоскі камери).

Ручні світлові пір'я. Ручне світлове перо утворюється за допомогою світла, що випускає світловипромінюючий діод «LED» (630 нанометр червоний і 950 нанометр інфрачервоний) на незначній відстані на штрихкод. Відбите світло приймається світлочутливим фотодатчиком. За допомогою ручного закреслення штрих-коду під дією штрихів і пробілів формується електронний сигнал, що після цього подається в декодувальний пристрій (обробка). Електронне й механічне конструктивне виконання є відносно простим (див. рис. 1.56).

Лазерний сканер. Також і лазерний сканер обробляє відбите від штрих-коду світло для зчитування штрих-коду. Як джерело світла тут використовується, як правило, He-Ne-Laser (гелій-неон-лазер). Однак лазерний сканер на відміну від ручного світлового пера може працювати також з рухливим світловим променем, так що відпадає необхідність у відносному русі між штрих-кодом і лазерним сканером.

Завдяки майже паралельному світлу лазера, можна забезпечити високий ступінь глибини різкості зображення. Тому штрихкод можна зчитувати в широкому діапазоні відстаней. Залежно від руху лазерного променя розрізняють три принципи зчитування зображення.

1. Сканер з фіксованим променем (точкове зчитування).
2. Сканер з рухливим променем (лінійне зчитування, див. також рис. 1.39).
3. Віяловий сканер (поверхневе зчитування).

Однорядкові камери. Однорядкові камери виконані у вигляді напівпровідникових камер, а не у вигляді електронно-променевих камер. Напівпровідникові камери називають також камерами на приладі із зарядовим зв'язком (ПЗС-Камера) «CCD (Charge Coupled Devices)».

Однорядкова камера на приладі із зарядовим зв'язком складається з лінійно розташованого ряду фоточутливих напівпровідникових елементів на дуже обмеженому просторі з типовим дозволом 512×512 напівпровідникових елементів. Поверхневе зчитування зображення на підставі лінійного зчитування зображень можна робити тільки за допомогою відносного переміщення між камерою й штрихкодом (див. рис. 1.56).

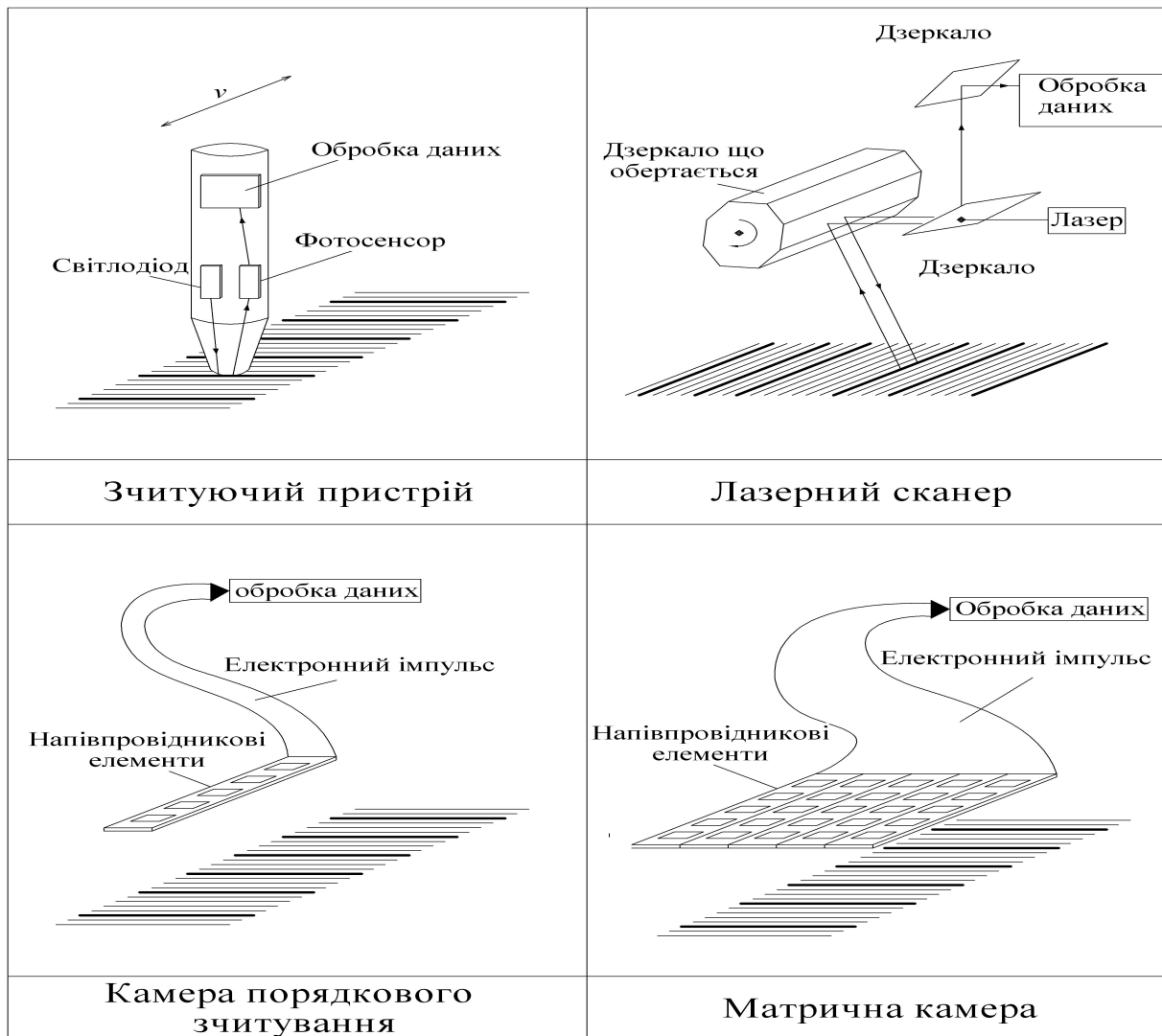


Рис. 1.56. Принцип дії пристроїв, що зчитують штрих-коди

Матрична камера. Принцип дії матричної камери аналогічний принципу дії однорядкової камери. Типова розв'язна здатність становить 512×512 напівпровідникових елементів. У результаті поверхневого зчитування зображення також можна відмовитися від відносного руху між камерою й штрихкодом.

1.8.2.2. Сенсорні датчики. Сенсорний датчик є технічним конструктивним елементом, що вибірково визначає різні фізичні величини в діапазоні виявлення, перетворює їх в електричні сигнали і за необхідності подає в логічні схеми для обробки. З безлічі можливих класифікацій датчиків для матеріального потоку пропонують використовувати відмінності, які існують між простими й комплексними датчиками.

Прості датчики (наприклад, двійкові датчики сигналів, індуктивні датчики наближення об'єктів) передають однобітовий сигнал про влучення на подію за допомогою однобітового сигналу в наступну систему керування. Можлива також і видача аналогових сигналів, наприклад, у датчиків реєстрації пройденого шляху (принцип дільника напруги = потенціометр). Найважливіші переваги простих датчиків полягають у простому й легкому конструктивному виконанні, а також у відносно невисокій вартості й незначній чутливості до перешкод. Однак їхнім недоліком є обмежена розв'язна здатність, що допускає тільки реєстрацію простих змістів.

До *комплексних датчиків* відносять, зокрема, датчики, які задані розпізнавати зразки. Саме в таких датчиках при наявності інформації великої щільності здійснюється попередня обробка в самому датчику. У такому випадку датчик складається із чутливого елемента й відповідного пристрою для обробки даних. При цьому перевага високої розв'язної здатності досягається за рахунок порівняно великої ваги й обсягу датчика й високої вартості системи. Поряд із цим комплексні датчики також дуже чутливі до зовнішніх впливів. За допомогою різних, використовуваних на практиці датчиків можна, зокрема, вивести показані вимірювані величини:

- | | |
|-------------------|----------------------|
| – положення; | – шлях; |
| – кут; | – частота обертання; |
| – сила; | – обертаючий момент; |
| – температура; | – тиск; |
| – вологість; | – магнетизм. |
| – хімічний склад; | |

Далі систематика на рис. 1.57 підрозділяє датчики на контактні (тактильні) і безконтактні (нетактильні) датчики й приводить кілька прикладів. На рис. 1.58 показаний принцип дії різних датчиків на основі фізичного принципу.

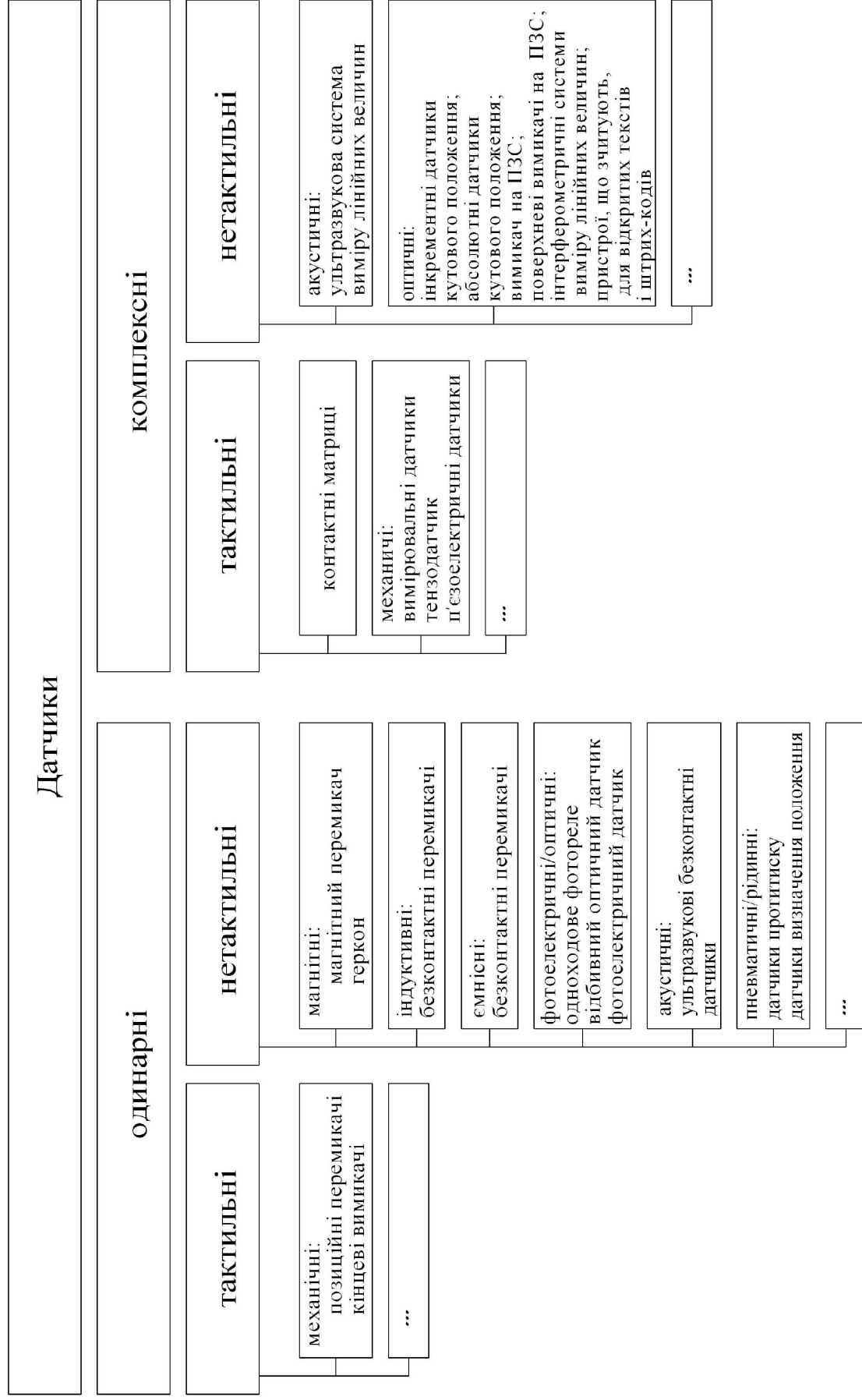


Рис. 1.57. Систематика датчиків з прикладами

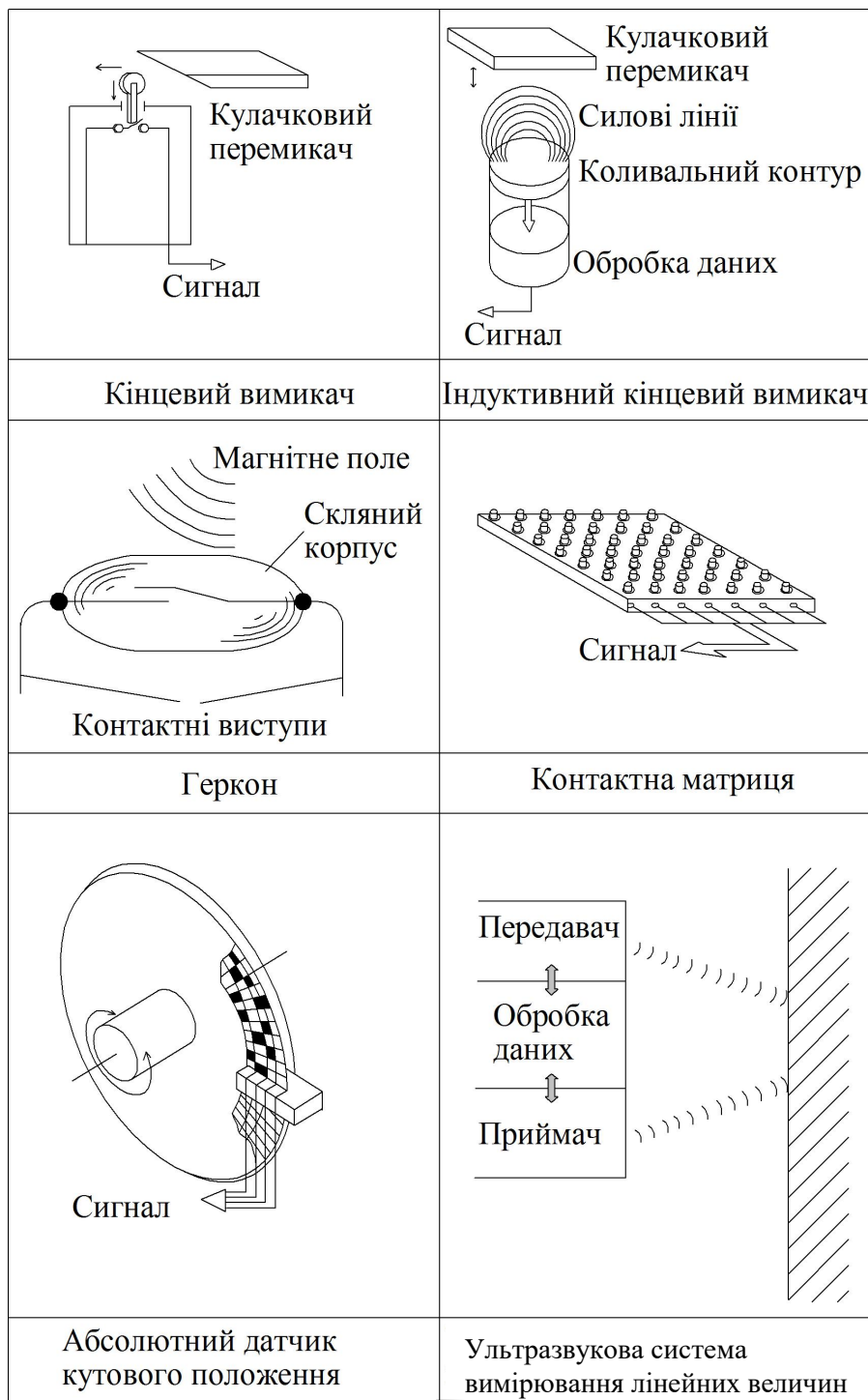


Рис. 1.58. Принципи дії датчиків (приклади)

Кінцевий вимикач представляє собою простий механічний вимикач, що приводиться в дію за допомогою рухливого контакт-ного кулачка.

Також і індуктивний датчик наближення об'єкта представляє собою двійковий перемикач. Тут викликані металевим контактним кулачком електричні зміни реєструються в коливальному контурі

датчика і потім у пристрої обробки даних перетворюються у двійковий сигнал.

Геркон – це двійковий вимикач, що приводиться в дію магнітним полем. Його дуже часто використовують у системах матеріального потоку, завдяки тому, що він має великий ступінь надійності.

За допомогою *контактної матриці* можна реєструвати плоский контур за рахунок запитування (зчитування) всіх окремих контактів.

Абсолютний датчик кутового положення зчитує, як правило, оптично відкладене на багатьох доріжках закодоване кутове положення.

Ультразвукова система виміру лінійних величин складається з ультразвукового передавача й ультразвукового приймача. Відстань між датчиком і перешкодою вимірюється на підставі часу проходження ультразвукового імпульсу, що був відправлений, потім відбився від перешкоди й знову був прийнятий.

Типові області застосування датчиків:

- реєстрація положення й можливе коректування при процесах позиціонування;
- регулювання приводів основних засобів виробництва;
- ідентифікація товарів;
- перевірка й контроль для повідомлення про виникнення збоїв протікання процесу й реєстрація стохастичних (імовірнісних) відхилень у матеріальному потоці;
- вимір заготівель, упакувань і одиниць вантажу (тарних одиниць).

Застосування різних датчиків залежить від постановки завдання. У маніпуляторах, зокрема, у системі приводу використовують датчики для виміру кутів, шляхів, зусиль, моменту й електричних струмів. Особливо датчики, які використовуються для розпізнавання навколишнього середовища й зразків, здобувають все більший інтерес для маніпуляторів, які застосовують у матеріальних потоках.

Датчики можна монтувати, наприклад, на електричних підвісних дорогах для запобігання зіткнення двох ходових механізмів. У гравітаційних роликових конвеєрах використовують датчики, зокрема, світлові затвори для впізнання товарів. В області транспортних засобів використовують також і комплексні датчики. Визначення положення автоматичних підлогових транспортних

засобів на шляху проходження отримується, наприклад, за допомогою сенсорних систем, які складаються з різних окремих датчиків, наприклад, інкрементальних і абсолютних датчиків кутового положення, а також і оптичних датчиків зображення. Інкрементальні й абсолютні датчики кутового положення за допомогою способу навігації численням шляху реєструють при цьому відносне положення на підставі зчитування кута повороту й шляху проходження. За допомогою оптичних датчиків зображення певне відносне положення автоматичного підлогового транспортного засобу порівнюють із абсолютною оцінкою про місце розташування.

У багатоярусних складах в області матеріального потоку часто використовують популярні геркони для визначення положення пристроїв для обслуговування стелажів. До областей застосування простих датчиків у багатоярусних складах можна віднести контроль контурів на входах надходження товарів або для перевірки зайнятості осередку.

Відомий дотепер розвиток рівня техніки показує, що сенсорна реєстрація процесів руху, що становить особливий інтерес в області матеріальних потоків, уже просунулася значно далі. У цьому розвитку істотна частка належить використанню мікроелектроніки.

Зайвою є дискусія про переваги й недоліки певних типів датчиків, тому що спеціальна постановка завдань часто не припускає жодних можливостей для вибору. Кожний датчик має свою певну область застосування. Як важливі критерії для вибору датчиків можна навести такі приклади:

- фізична вимірювана величина;
- схильність до поломок і збоїв у роботі;
- конструктивні розміри;
- маса;
- сторонні впливи на результат виміру.

1.8.2.3. Мобільна реєстрація даних. У системах матеріального потоку й системах логістики товари для реєстрації даних підводять або на стаціонарну станцію зчитування (стаціонарна реєстрація даних) або ж дані реєструються в місцях, у яких знаходяться товари. З огляду на це йдеться про *мобільну реєстрацію даних* (MDE – Mobilen Dateuerfassung). Як прийнятні носії даних можна використовувати вже описані типи кодів. Ці коди зчитуються автоматично або вручну за допомогою необхідних для цієї мети пристроїв, що зчитують.

Якщо дані реєструють у місцях знаходження товарів, потрібні *переносні (мобільні)* системи реєстрації даних. Використовувані пристрої для реєстрації даних можуть взаємодіяти із системою реєстрації даних у режимі on-line або off-line. Застосовують описані в підрозд. 1.8.1. і 1.8.2.1 Носії даних. Пристрої, що реєструють.

Передача даних проводиться за допомогою способу, описаному у підрозд. 1.8.3. Техніка передачі даних. На рис. 1.59, як приклад, показано, які системи можна застосовувати для реєстрації даних і передачі даних за допомогою мобільних засобів. Так, наприклад, автоматичні засоби підлогового транспорту частково підключаються безпосередньо через індуктивну систему передачі даних до так званого центрального обчислювального або до головного комп'ютера і частково також вручну до обслуговуючих кінцевих терміналів, які установлені на основних засобах виробництва або у вигляді переносного пристрою.

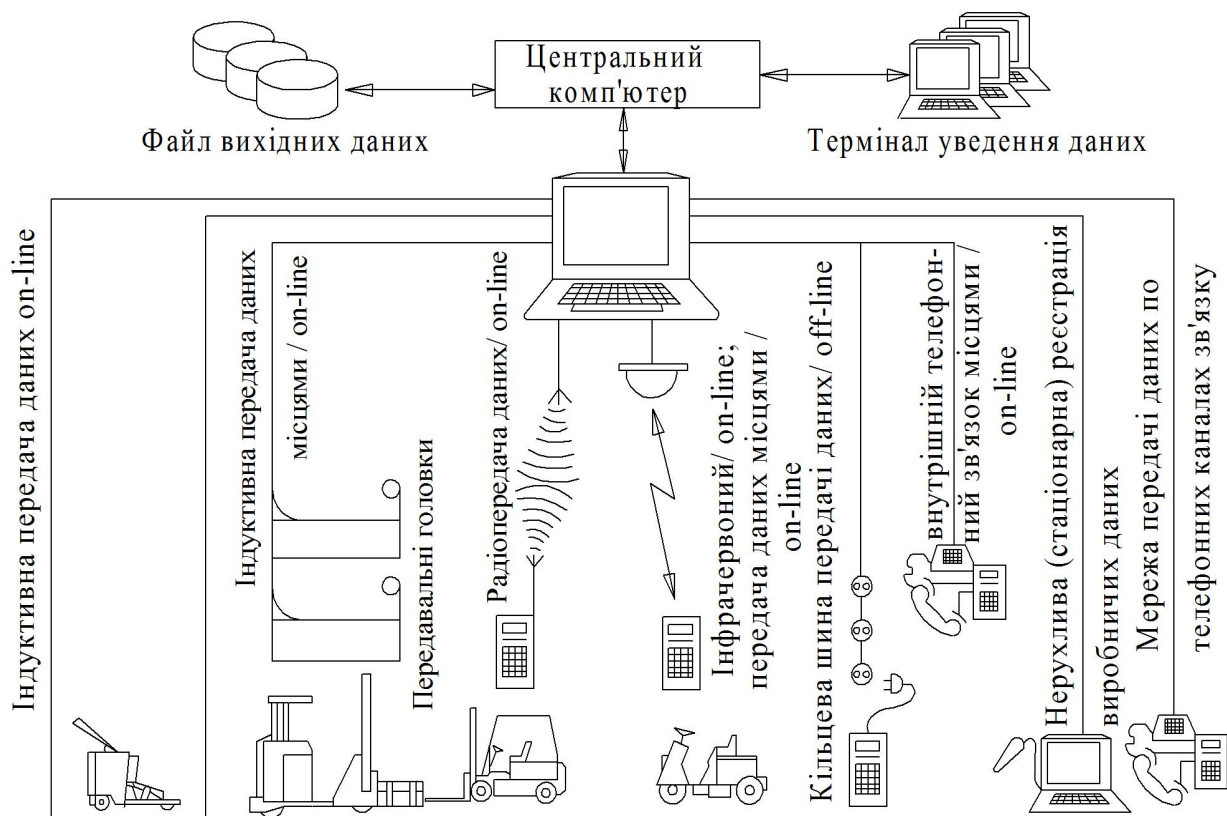


Рис. 1.59. Принципові системи для мобільної реєстрації даних відповідно до вимог Союзу німецьких інженерів VDI

1.8.2.4. Оперативний запам'ятовувальний пристрій. Поряд з технічним процесом реєстрації даних, заснованому на чистому процесі зчитування даних за допомогою пристроїв, що зчитують, і сенсорних датчиків, має також важливе значення взаємодія по реєстрації для обробки даних з необхідної для цих цілей організацією. Цей процес є по суті, реєстрацією технологічних або виробничих даних (BDE – Betriebsdateuerfassung).

Виробничі дані – це дані, які надходять на підприємство або необхідні для підприємства дані й, які відрізняються від підприємства до підприємства. Система реєстрації виробничих даних – це як правило, частина інформаційної системи, що охоплює підприємство. Таким чином, під цим можна розуміти як дані з області матеріального потоку, так і дані з області логістики й інших областей.

Залежно від ступеня автоматизації, який постачає дані системи, саме собою, зрозуміло, що можна також автоматизувати в більшому або меншому ступені й систему реєстрації даних. Якщо такі процеси, як, наприклад, транспортування, складування, маніпулювання й виготовлення керуються вручну, то в такому випадку й відповідні дані реєструються, як правило, вручну.

Дані про технологічне устаткування й засоби праці, зокрема, про обсяг продукції в штуках, які зараховують до засобів виробництва, можуть становити виняток. Інші виробничі дані, зокрема, стан обробки й тривалість обробки можуть вводитися робочим персоналом у термінали зі збирання й оброблення виробничих даних в інформаційній системі. Автоматично керовані системи, такі як автономні підсистеми, й без того мають власну обчислювальну машину, і можуть самостійно устанавлювати необхідні виробничі дані з наявних у їхньому розпорядженні технологічних даних. У цьому випадку ручне втручання є виключенням. При оціненні можливості для використання й визначенні продуктивності систем з оброблення виробничих даних (BDE) у відношенні специфічного для підприємства концепту рішення доцільно зробити класифікацію системи. При цьому систему розглядають як одне ціле, а не як окремі компоненти, як, наприклад, термінал введення. Розходження системи впливають із *типу реєстрації даних*, які можуть виконуватися вручну й автоматично виходячи з *типу реєстрації даних* для головної інформаційної системи, що виробляється on-line або off-line.

1.8.3. Техніка передачі даних

Між реєстрацією, обробкою і оцінюванням даних, а також виводом даних повинна відбуватися передача даних. Загалом, існує два види техніки передачі даних, а саме, дротова й бездротова передача. Важлива область застосування техніки бездротової передачі освоєна, наприклад, у результаті застосування мобільних передавачів даних і приймачів передачі даних в області транспортних засобів.

Використані техніки передачі даних працюють відповідно до різних фізичних принципів. При цьому роблять розходження між наступними видами техніки:

- звуковою передачею даних;
- електричною передачею даних;
- електромагнітною передачею даних (радіо);
- оптичною передачею даних.

Звукова передача даних у цей час відіграє другорядну роль і з цієї причини вона тут більше не буде розглядатися. Різна техніка передачі даних на підставі своїх переваг і недоліків одержала поширення в індивідуальних областях застосування.

1.8.3.1. Провідна (дротова) техніка передачі даних. Із часів використання електричного струму відоме використання провідної передачі даних по електричним дротам. У наш час передачу даних можна здійснювати також і по оптоволоконним каналам. Перевага дротового зв'язку полягає, зокрема, у стійкості проти впливу перешкод. Поряд із цим не потрібно ніякої процедури для одержання дозволу. Недолік полягає особливо у тім, що при мобільній системі реєстрації даних або виведення даних потрібно мати контактний дріт, що волочиться, і в результаті цього можна використовувати тільки заданий і можливо обмежений шлях. Контактне проведення в цей час використовується, як правило, тільки разом з електричним проведенням. Однак у цей час на стадії розробки вже є оптичні контактні проведення. Оптичні комунікації дозволяють робити більшу частку передачі даних у порівнянні з електричними проводами, і вони не чутливі до впливу електромагнітних перешкод. Однак оптичні комунікації в цей час застосовуються, як правило, у вигляді проводів, що волощаться, і для передачі даних на обмежені відстані.

Електрична техніка передачі даних. При використанні електричної техніки передачі даних окремі дані зображуються у

вигляді напруг або струмів. Існує можливість застосування аналогового способу передачі даних і цифрового (двійкового) способу передачі даних. При аналогових передачах дані зображують, зокрема, за допомогою потенціалу напруги від 0 до 10 В. В області цифрової передачі даних застосовують, наприклад, напругу 0 В для зображення *логічного нуля* й 5 В – для зображення *логічної одиниці*.

Електричні з'єднання виконують, як правило, у вигляді ділянки передачі даних для послідовної або паралельної передачі даних. При послідовній передачі виконується послідовно біт за бітом. На ділянці передачі даних може відбуватися також і обмін даними у двох напрямках двома режимами роботи – напівдуплексним або дуплексним. При напівдуплексному режимі роботи дані поперемінно передаються в одному й в зворотному напрямках. При цьому необхідно передбачити відповідне керування обох кінцевих пристроїв ділянки передачі даних. Це керування може здійснюватися, зокрема, за допомогою додаткових проводів. При напівдуплексному режимі роботи кінцевого пристрою можуть по обидва боки одночасно відправляти й приймати дані. Однак, при цьому потрібно два проведення для передачі даних в обох напрямках. Робити швидко передачу даних дозволяє *паралельна передача даних*. При цьому дані байт за байтом, тобто, як правило, завжди по 8 біт (окремі дані) передаються одночасно.

Волоконно-оптична техніка передачі даних. Волоконно-оптична передача даних в останні роки на підставі високої швидкості передачі, незначної чутливості до перешкод і зниження вартості одержала відчутне поширення в області передачі даних і в майбутньому вони замінять мідні кабелі високої частоти. Дані моделюють на світловий промінь, який передається по дуже чистому скляному світловоду (скловолоконний кабель). У зв'язку з дуже високою частотою світла забезпечується можливість використовувати світловоди в широкій смузі, тобто є можливість одночасно моделювати безліч даних. Вони, особливо у майбутньому, одержать значне поширення в області мереж передачі даних, які відрізняються дуже великим потоком.

1.8.3.2. Бездротова техніка передачі даних. Значення бездротової техніки передачі даних у значній мірі зросло за рахунок зручного використання мобільних матеріальних потоків, зокрема, автоматичних засобів підлогового транспорту й можливості зв'язуватися за

допомогою засобів інформації безпосередньо із системою керування на рівні логістики або матеріальних потоків. Однак до недоліків можна віднести, зокрема, чутливість до впливу перешкод.

Електромагнітна техніка передачі даних. Індуктивну передачу даних, у принципі, можна віднести до радіозв'язку в довгохвильовому діапазоні (частота < 100 кГц), при цьому відстань передачі є незначною. На практиці здійснені швидкості передачі до 2400 бод (англ. baud). Типовими областями застосування є крани й автоматичні засоби підлогового транспорту. Переваги недорогої передачі даних закреслюють недоліки невеликої дальності дії передачі й незначних швидкостей передачі даних.

При передачі даних по радіо використовують, як правило, частоти в діапазоні UKW (ультракоротких хвиль) порядку (100 і 200 МГц). Для застосування цієї техніки у Федеративній Республіці Німеччини потрібен дозвіл Федерального поштового відомства. Особливі труднощі полягають у тім, що кількість дозволених частот (каналів) обмежена. Переваги радіозв'язку – можливість середньої дальності передачі даних до декількох кілометрів і високої швидкості передачі даних. Недоліком цього способу передачі даних є обов'язок одержання дозволу, оскільки можливе виникнення перешкод під дією інших радіостанцій, ефекту Допплера, перешкоди в результаті підвищеної дальності, незважаючи на те, що кількість радіостанцій на канал обмежено.

У радіорелейному й супутниковому зв'язку використовують частоти до гігагерцового діапазону. Для експлуатації цього зв'язку потрібен візуальний контакт. У зв'язку з великими дальностями дії сфера застосування цієї техніки перебуває поза областю виробничої передачі даних. У Федеративній Республіці Німеччини Федеральне поштове відомство дає дозвіл на цей зв'язок, що після цього може використовуватися різними учасниками.

Оптична передача даних. Передача даних за допомогою інфрачервоного світла в широкому діапазоні розповсюдилася у зв'язку з відносно невеликими витратами. Дальність дії, що досягається, цих систем передачі даних залежно від характеристики використовуваної системи сягає 100 м при спрямованому випромінюванні інфрачервоного передавача (див. рис. 1.60).

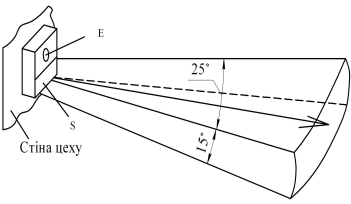
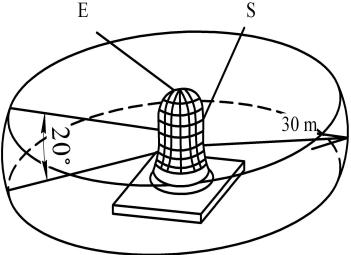
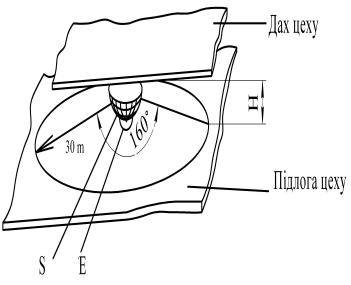
Тип	Характеристика випромінювання	Зона досяжності (орієнтовний показник)	Комунікативна поверхня (орієнтовний показник)	Типові умови застосування в матеріальному потоці	
				стаціонарне	Мобільне
Спрямоване		близько 100 м	близько 800 м ²	Багаторусний склад: – проходи між стелажми – надходження/відправлення товарів – навантажувальна платформа	Штабелеукладач Стелажний штабелер Штабелер для комісіонування
Кругове		близько 30 м	близько 2000 м ²	Блоковий склад: – перехрестя – надходження/відправлення товарів – підготовча площадка	Штабелеукладач Автоматичні засоби підлогового транспорту Мобільні роботи
По всій поверхні		близько 30 м	близько 2500 м ² Висота = 7,5–11 м)	Блоковий склад: – перехрестя – поверхня складу – надходження/відправлення товарів – підготовча площадка – навантажувальна платформа – підготовча площадка – ділянки перевантаження – область воріт цеху	

Рис. 1.60. Можливі характеристики випромінювання для передачі даних за допомогою інфрачервоного випромінювання

Між інфрачервоним передавачем і приймачем повинен існувати, як правило, візуальний зв'язок. Недоліком є те, що інфрачервона система передачі даних чутлива до впливу стороннього світла й забруднення передавача і приймача. Швидкість передачі даних становить до 19200 бод. Для використання інфрачервоних пристроїв для передачі даних дозвіл не потрібен.

1.8.3.3. Інформаційні мережі. Велика можливість доступу за один раз зареєстрованих даних є важливою передумовою для керування й регулювання матеріального потоку умов логістики. Для цієї мети необхідно створити потужні з'єднання в межах і між ієрархічними рівнями підприємства для захисту обміну даними. Інформаційні мережі надають у розпорядження такі функції. З їхньою допомогою можна побудувати відповідні структури комунікації. Вся вступна інформація може через комп'ютерну мережу передаватися в розпорядження в центральний офіс (див. підрозділ 1.6.1. Завдання інформаційних систем).

У внутрішній області підприємства в майбутньому все в більшій мірі будуть створюватися і використовуватися локальні інформаційні мережі (Local Area Network). Через локальні обчислювальні мережі (LAN) можна поєднувати всі децентралізовані інформаційні вузли (наприклад, надходження товарів, відправлення товарів, система керування матеріальним потоком). Інші просторові області відкривають глобальні мережі WAN (Wide Area Network). Ці інформаційні мережі використовуються поза підприємством.

Інформаційні мережі в межах підприємства створюються й використовуються відповідним підприємством. Якщо виникне необхідність у створенні інформаційних мереж поза підприємством у Федеративній Республіці Німеччини, необхідно звертатися в телекомунікаційні мережі федерального поштового відомства Німеччини (рис. 1.61). Для передачі великих обсягів даних найкраще підходить мережа Датекс – громадська служба передачі даних Datex-P-Netz, починаючи з 1987 р. з'явилась локально обмежена й працююча в дослідному режимі цифрова мережа інтегрального обслуговування (ISDN = Integrated Services Digital Network).

Датекс-Р. Термін Датекс-Р означає, що тут мова йде про передачу пакетів даних. Дані узагальнюють у нормовані осередки, які забезпечуються адресою.

Назва	Опис	Засіб комунікації	Термінали	Швидкість передачі
Телефон	Передача мови Передача цифрових даних через звукові сигнали	Телефонна мережа Телефонна мережа	Телефон і ВМ із модемом	до 1200 бод
Телекс	Телетайпний спосіб	Телефонна мережа	Телетайп	50 бод
Телефакс	Факсимільний апарат	Телефонна мережа	Спеціальний копіювальний апарат	до 9600 бод
Телефакс	Служба зв'язку в текстовій формі	Телефонна мережа	Пишуча машина, система підготовки текстів, РС	до 2400 бод
Vtx = Система (інтер-активного) відеотексту	Система "відеотекс"	Телефонна або телетайпна мережа	Придатний для Vtx РС	1200 бод
Датекс-L	Обробка даних з комутацією каналів	Спеціальна комутувальна мережа для передачі даних через станцію комутування	Обчислювальна машина	до 64 кбод
Датекс-Р	Обробка даних з комутацією пакетів (узагальнення інформації в «Пакетах даних»)	Спеціальна комутувальна мережа для передачі даних через станцію комутування	Обчислювальна машина	до 48 кбод
Прямий набір	Постійне з'єднання в мережі передачі даних з партнерами по зв'язку	Постійно підключена «двоточкова лінія зв'язку»	Всі допущені пристрої	до 1,8 млн бод
ISDN	Спосіб передачі по широкополосній інформаційній мережі	Нова цифрова телефонна мережа (є тільки частково)	Всі допущені пристрої	до 64 кбод

Рис. 1.61. Телекомунаційні мережі німецького
Федерального поштового відомства

Ця адреса необхідна для того щоб передавати пакет даних через 17 комутаційних станцій передачі даних (за станом на 1987 р.) Федеративної Республіки Німеччини. Між відправником і

одержувачем даних у мережі Датекс-Р утворюється так званий віртуальний зв'язок даних, який можна поєднувати за допомогою фізичних каналів між комутаційними станціями по передачі даних. Пакети даних тимчасово розміщують із чергуванням адрес «врозбіжку», пакет даних передається далі (рис. 1.62).

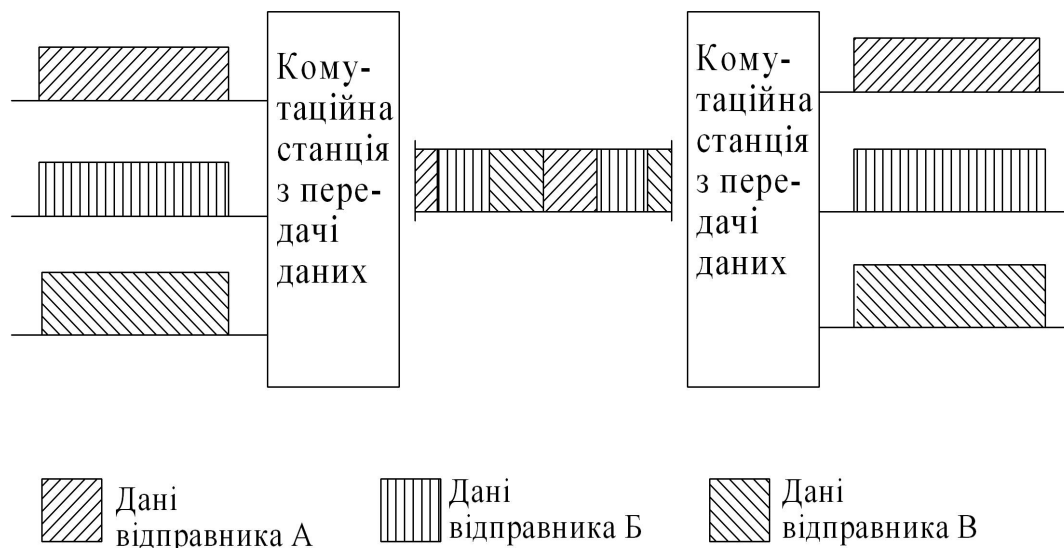


Рис. 1.62. Техніка передачі даних способом Датекс-Р

У результаті цього забезпечується можливість передавати майже одночасно пакети даних різних користувачів по фізичному каналу між комутаційними станціями з передачі даних і забезпечити можливість багаторазового використання каналів. Мережа Датекс-Р дозволяє забезпечувати швидкість передачі даних від 110 до 48000 бод у дуплекс-процесі. Поряд із цим можливо робити передачу даних у межах Європи, Америки й Австралії.

На рис. 1.63 показаний основний концепт мережі Датекс-Р. Через так звані збирачі/розбирачі пакетів PAD (Packet Assembly/Disassembly Facility), тобто пристрою для пакетування й депакетування, можна підключати крім орієнтованого на пакети кінцевого пристрою мережі передачі даних і мережу Datex-L (мережа даних для комутації каналів).

ISDN. Скорочене позначення для Integrated Services Digital Network, буквально значення якого перекладається як цифрова мережа інтегрального обслуговування ISDN. Якщо Німецьке федеральне поштове відомство дотепер використовує погоджені для різних завдань спеціальні мережі, наприклад, телефонні мережі,

телекс або мережі Датекс, то в такому випадку філософія ISDN спрямована на об'єднання цих мереж. У результаті цього стане можливим розгортати кілька телефонних служб по одній сполучній лінії для учасників і в майбутньому можливо бути зняти з експлуатації старі мережі. Таким чином, ISDN відкриває для підприємств нові можливості.

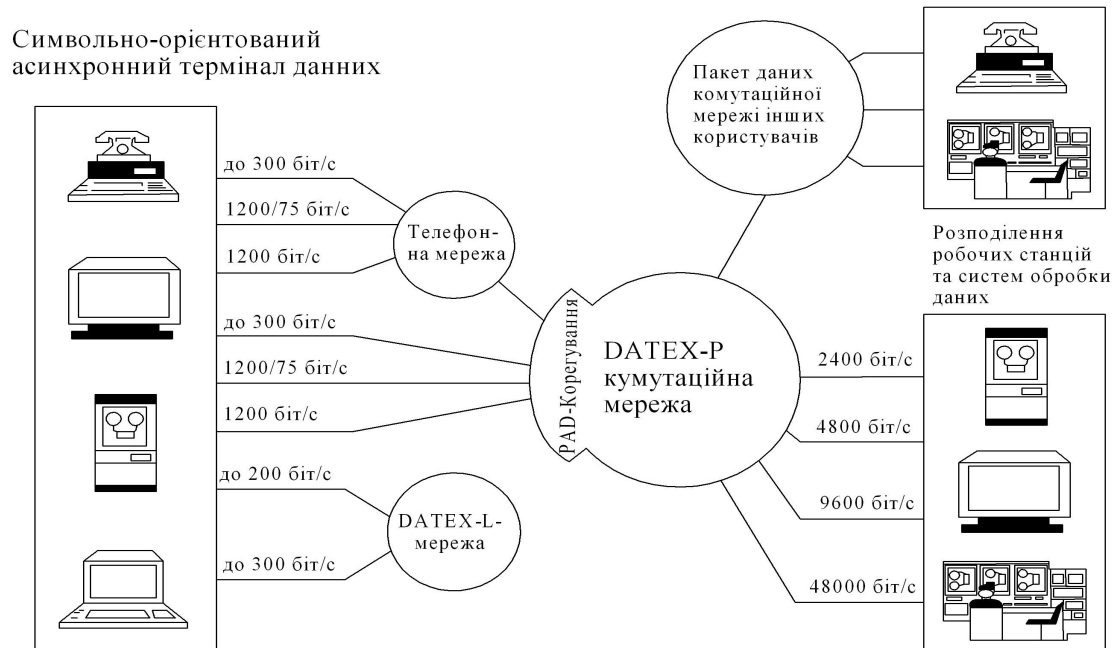


Рис. 1.63. Основний концепт мережі Датекс-Р

Переваги ISDN можна описати в такий спосіб.

1. Можливість змішаної передачі мови, текстів, зображень і інших даних.
2. Для різних функцій потрібно тільки одне підключення.
3. На станціях без мовного обслуговування витрати на передачу дуже низькі.
4. Існує тільки один уніфікований номер учасників.
5. У результаті інтеграції можна використовувати багатофункціональний пристрій.

Ці універсальні мережі мають можливості передачі даних і дозволяють підприємству використовувати системи керування й інформаційні системи на ще більших відстанях. До типових областей застосування можна віднести систему подачі замовлень і бухгалтерського обліку, які можуть робити комунікацію по цифровій мережі інтегрального обслуговування ISDN. Система ISDN

використовується в різних пілотних проектах, уведена на всій території Федеративної Республіки Німеччини. Також і інші країни планують увести в експлуатацію систему ISDN, так що після впровадження й розширення стануть можливі й інші способи комунікації.

Топологія мереж. Використовувані усередині й за межами підприємства мережі мають різну структурну побудову. Існують мережі з такими структурами (рис. 1.64):

- ✓ зіркоподібною топологією;
- ✓ циклічною (кільцевою) структурою;
- ✓ шинною архітектурою.

Потужність мережі даних визначається головним чином згідно з рахунком структури, швидкості передачі даних, середовища (лінії) передачі даних, методу передачі даних і методу доступу.

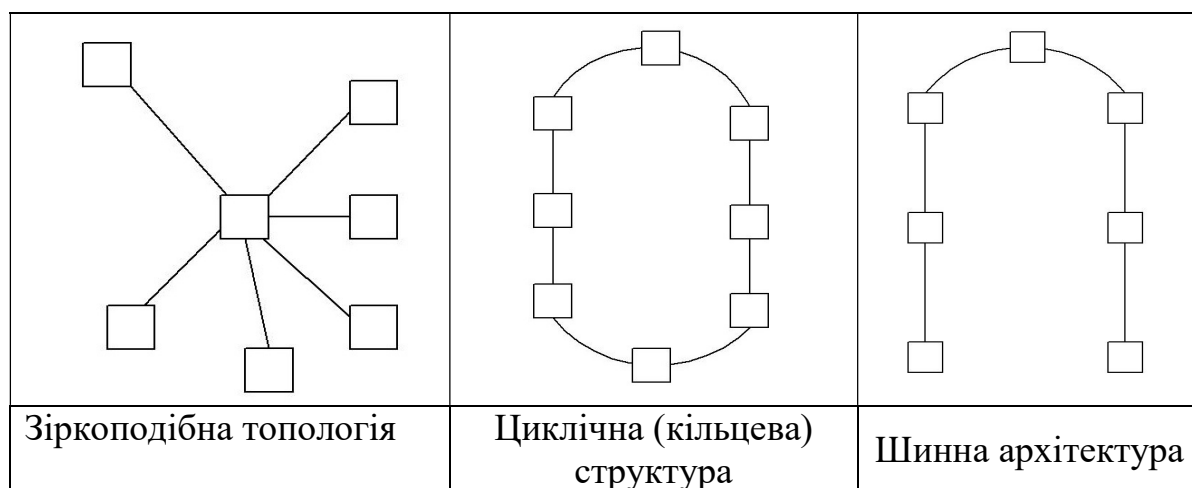


Рис. 1.64. Можливі топології мережі даних

1.8.3.4. Інтерфейси. Основна проблема, що постійно виникає при інформаційно-технічному об'єднанні в мережу матеріальних потоків і засобів виробництва з різними системами керування й інформаційних систем, а також структурами програмного забезпечення, представляє собою проблему інтерфейсів. Оскільки існує безліч різних нормативних документів, виникає небезпека, яка полягає в тім, що через несумісність різних провайдерів, засобів з забезпечення потоків інформації, з'єднання двох різних систем буде пов'язане з виникненням труднощів. Можливо будуть

потрібні більші витрати на програмне й апаратне забезпечення для того, щоб можливо використовуваний засіб з забезпечення потоків інформації об'єднати з іншими засобами з забезпечення потоків інформації в одну мережу.

Нормування інтерфейсів взаємозалежне із програмним і апаратним забезпеченням, яке необхідно для передачі даних. Різні інститути в цей час розробляють стандарт. Так, наприклад, вже розроблений протокол автоматизованого виробництва (протокол MAP – Manufacturing Automation Protocol) і універсальний протокол установчих локальних мереж (протокол TOP – Technical and Office Protocol). Європейські ініціативи з нормування мереж об'єднані в мережу інформаційного обміну для виробничих застосувань CNMA (Communications Network for Manufacturing) (Європа). Ціль мережі інформаційного обміну для виробничих застосувань у рамках 7-шарової моделі протоколу взаємодії відкритих систем OSI (Model for Open Systems Interconnection) полягає в розробленні стандарту ISO (International Organisation for Standardisation) в області комунікації.

Ці сім шарів поширюються на виникаючі там різні завдання. Вони одержали таке позначення:

- 7-й шар – аплікація (застосування);
- 6-й шар – презентація;
- 5-й шар – сесія (керування комунікацією);
- 4-й шар – транспорт;
- 3-й шар – мережа (передача);
- 2-й шар – канал передачі даних (забезпечення);
- 1-й шар – фізичний (передача).

Оскільки нижні шари, які виконують фізичну передачу даних на підставі існуючих стандартів, можна розглядати стабільні (наприклад, стандарт IEEE – Інститут інженерів по електротехніці й радіоелектроніці, ПЕР (США)), нормативний документ CNMA поширюється на шар аплікації й презентації й таким чином більшою мірою орієнтований на застосування.

Розглядаючи сутність і проблеми інформаційної логістики необхідно зупинитися на понятті інтерфейс (Interface), що є одним з найважливіших у даній області знань [2]. Взагалі термін інтерфейс має два найпоширеніші тлумачення:

> Це сукупність засобів і правил, що забезпечують взаємодію пристроїв інформаційної системи й/або програм.

> Це границя поділу двох систем, пристроїв або програм.

У логістиці поняття інтерфейс використовується при описі характеристик взаємозв'язку логістичних систем, координації логістичних операцій як усередині окремо взятої логістичної системи, так і в різних логістичних системах на рівні предметного (матеріального, грошового, енергетичного та ін.) і інформаційного потоків.

Стандарт едифакт можна розглядати як один з варіантів розробки теоретичних основ інтерфейсу логістичних систем. Ще одним прикладом удакої реалізації інтерфейсу логістичних систем є розроблена також у США інтегрована інформаційна система, що обслуговує логістичний канал ISCIS (Integrated Supply Chain Information System). У цій системі теоретично час доставки повідомлень із будь-якої точки земної кулі в іншу обмежується тільки тривалістю процесу переформатування даних і часом очікування початку обслуговування. Обробка ж повідомлень виробляється не в пакетному, а в онлайн-режимі, що має велике значення для постачальників і споживачів, які працюють за системами «Кан-Бан», «Точно вчасно», «Від дверей до дверей» і інших.

У логістичних системах саме інтерфейс визначає специфічні особливості інформаційної системи. Він визначає характер поточних інформаційних процесів (обсяги інформації, напрямку потоків, режим і т.д.), а також вибір самих технічних засобів керування. Інтерфейс допомагає:

> Формалізувати функції підсистем і субсистем керування матеріальними, інформаційними й іншими потоками.

> Визначити зміст і структурувати необхідну інформацію.

> Систематизувати джерела виникнення, суб'єкти споживання й елементи просування інформації.

> Установити для логістичної системи загальний, а для окремих її ділянок – локальні режими функціонування.

> Оптимізувати проектування процедур стандартних і нестандартних повідомлень.

> Удосконалювати процеси формування, систематизації й аналізу інформаційних матеріалів будь-якого характеру.

Насичення інформаційної системи відповідним комплексом технічних засобів ґрунтується на виборі параметрів субсистем обробки, зберігання й видачі інформації і їхньої сумісності на базі регулярного аналізу й ліквідації непогодженості між ними. Те ж стосується і формування каналів зв'язку.

Основна мета інтерфейсу логістичних систем полягає в тім, щоб органічно вмонтуватися у структуру керування і стати її невід'ємною частиною. У зв'язку із цим слід зазначити, що *особливістю* інтерфейсу логістичних інформаційних систем є те, що він не тільки сприяє підвищенню технічного рівня систем керування, але й висуває нові вимоги до методів економічного керування як усією системою в цілому, так і її окремими об'єктами.

Відповідно до логістичної концепції інтерфейс розглянутих систем повинен не просто дати можливість провести вичерпний аналіз складних ситуацій, а приймати найбільш раціональні рішення й реалізовувати керуючі впливи на об'єкти в рамках заданих цілей і встановлених параметрів процесів інформаційного характеру. Найважливішими факторами, що впливають на створення інтерфейсу логістичних систем, є:

- > Сформовані умови й динаміка взаємодії елементів між собою й навколишнім середовищем.

- > Формування моделі інтерфейсу, в основі якої стоїть ієрархія суб'єктів, приймаючих рішення, їхня компетенція, система прав і відповідальності, час і характер реакції, а також режими взаємодії.

- > Відповідність цілям і стратегії, а також обраним і погодженим між собою економіко-математичним моделям планування, прогнозування, керування й аналізу стану.

- > Розробка розрахункових алгоритмів для економіко-математичних моделей.

- > Наявність необхідного комплексу технічних засобів, включаючи обчислювальну техніку й засоби зв'язку.

- > Характер прикладного програмного забезпечення.

Особлива увага при розробленні інтерфейсу логістичних систем приділяється забезпеченню ефективної комунікації «людина–еом–людина». Даний аспект прямо залежить від характеру убудованості інтерфейсу в систему керування. Не слід забувати, що інтерфейс логістичних систем має бути спрямований не тільки на рішення традиційних завдань керування, але й на

ніші, обумовлені умовами взаємодії систем керування за різними напрямками, на різних рівнях і в різних областях.

Для того щоб інтерфейс логістичних систем гарантував належну фіксацію й підтримував різноманітні взаємозв'язки між об'єктами й ланками поточкових процесів, його необхідно погодити з відповідною системою контролю, що забезпечує ефективне регулювання шуканих процесів у вертикальному й горизонтальному аспектах. Найменші зміни у стані об'єктів або управлінських рішень мають обов'язково реєструватися й оперативно відбиватися в управлінських впливах шляхом доведення до відповідних управлінських структур або осіб не тільки даних змін, але також прогнозів можливого розвитку ситуації й варіантів рішення виникаючих проблем. Саме такий комплексний підхід відрізняє логістичні системи від інших, які можуть бути використані в практичній діяльності.

Убудованість інтерфейсу логістичних систем безпосередньо у структуру й середовище керування поточковими процесами спрощує спілкування між ЕОМ і персоналом і піднімає його на вищий якісний рівень. Це дозволяє ліквідувати звичайні в традиційних системах численні труднощі в області взаємодії керуючих структур і інформаційних підсистем. Інтерфейс стає системою активного впливу на об'єкти й суб'єкти поточкових процесів.

Традиційні правила формування інтерфейсу керуючих систем на підприємствах базуються на різних формах регламентації руху документів між підрозділами й ланками даних систем, а так само на підході, відповідно до якого передача необхідних даних здійснюється в міру виникнення потреби. Дана схема організації інформаційних зв'язків, збирання й обробки даних одержала назву **мережної**. Її переваги й недоліки обумовлені централізованим регулюванням шляхом прямого впливу. У практичній діяльності дотримати такого регламенту просування інформаційних потоків без прямих і побічних негативних явищ у процесі оперативного використання необхідних відомостей дуже складно, а в деяких випадках і неможливо через високу динамічність і невизначеність умов виробничо-господарської, особливо комерційної діяльності.

Створення ж інтерфейсу відповідно до логістичних вимог надає можливість реалізовувати функції керування адекватно динаміці актуалізованих завдань, забезпечуючи при цьому оптимі-

зацію поточкових процесів інформаційного характеру для їхнього рішення.

Варто зупинитися ще на одному цікавому й істотному аспекті. Справа в тому, що інтерфейс логістичних систем значно змінює структуру й технологію використання засобів збирання, обробки, зберігання й видачі інформації, а так само засобів зв'язку. Особливо важливо те, що змінюються також підходи до будови й використання мовних засобів, до програмного забезпечення систем керування, до архітектури систем керування. Так, порівнюючи традиційні й логістичні системи керування, можна помітити, що в перших – традиційних системах у процесі застосування засобів і систем автоматизації використовується широко розповсюджена класична ієрархічна форма класифікації й кодування інформації. Вона дозволяє проводити класифікацію об'єктів і суб'єктів інформації, їхню послідовну структурування (розбивку на класи, підкласи, групи, підгрупи...) із чисто формальним підпорядкуванням і відповідним кодуванням.

У других логістичних інформаційних системах – форма процесів принципово інша. Створення інтерфейсу логістичних систем передбачає впровадження специфічної багатопризначної класифікації, що здатна відбити різні погляди й вимоги на об'єкти й суб'єкти інформації. Ця класифікація до того ж припускає можливу тематичну ідентифікацію розглянутих об'єктів і суб'єктів залежно від характеру розв'язуваних завдань керування. Такий прогрес досягається шляхом використання вискоєфективної схеми паралельного кодування інформації. Вона значно розширює можливості використання різномірної інформації в системах керування. Все сказане дає можливість в інформаційних логістичних системах керування розміщати й закріплювати інформацію в певних базах даних, з одного боку, на довільній, а з іншого боку – на багатопризначній основі. Це забезпечує адаптивність, багатоплановість, персоніфікованість, схоронність, однозначність розуміння й зручність використання інформації й відповідних баз даних.

Дуже важливим аспектом розглянутої в даному розділі проблеми є питання інтеграції логістичної інформаційної системи й організаційної структури керування підприємством. У зв'язку із цим можна відзначити наступне. Принципово, що будь-яка

організаційна структура підприємства загалом являє собою деяку формалізовану систему ухвалення рішення. У даній системі чітко визначаються: які служби підприємства, при яких обставинах і в якому режимі повинні вирішувати ті або інші конкретні завдання. Установлюється відповідальність у сформованій ієрархії, визначаються рамки самостійності.

Поряд із цим інформаційна система, побудована на логістичних принципах, дозволяє встановити такий порядок, відповідно з яким інформаційні потоки, що циркулюють в організаційній системі, мають випереджальний характер стосовно виникнення потенційно можливих ситуацій. Ця особливість у по'єднанні, з іншого боку, з цільовим характером багатоаспектної інформації дає можливість здійснювати у процесі керування об'єктивний систематичний аналіз складних ситуацій і перспектив їхнього розвитку, що допомагає приймати правильні рішення з повним усвідомленням причинно-наслідкових зв'язків.

Таким чином, можна стверджувати, що об'єднання всіх систем керування на основі логістичної концепції можливе лише за допомогою відповідної – інформаційної логістики, у якій цільові інформаційні й організаційні взаємозв'язки складених об'єктів і суб'єктів керування діючої структури забезпечуються специфікованим інтерфейсом даної системи.

На практиці організаційна побудова систем керування може мати такі основні форми: лінійну, лінійно-функціональну й матричну. У зв'язку із цим процес убудовування інтерфейсу в систему керування припускає попередній аналіз їхнього синтезу з обліком усіх специфічних особливостей даного альянсу. Уже відзначалося, що логістичні інформаційні системи через інтерфейс значно вдосконалюють організаційні структури керування, однак при цьому потрібно помітити, що принципи будови останніх можуть не змінюватися. Інтерфейс логістичних систем, убудовуючись у діючу структуру керування, спричиняє істотне коректування взаємозв'язку складених елементів, у тому числі в їхню субординацію. Інтерфейс значно підвищує реакційні й адаптивні властивості структурних підрозділів до динаміки й невизначеності взаємозалежних факторів у процесі прийняття відповідних рішень.

Таким чином, можна констатувати, що інтерфейс логістичних систем, вдало й глибоко інтегрований з організаційними структурами керування, дозволяє:

- > Підвищити ефективність планування й оперативного керування поточковими процесами.

- > Більш чітко встановити ієрархію, а також установити границі прав і відповідальності між структурними підрозділами, окремими об'єктами й предметами керування.

- > Здійснювати найбільш продуктивне сполучення людських і технічних компонентів у системах керування.

- > Підвищити швидкість оперативної підготовки і якість прийняття рішень.

- > Гарантувати вірогідність відображення фактичного стану процесів на всіх етапах і у всіх ланках просування матеріальних і інших потоків.

- > Розробляти й погоджувати алгоритми пошуку й прийняття оптимальних управлінських рішень.

- > Розробляти комплекс заходів щодо економічної реалізації прийнятих рішень.

Щоб інтеграція інтерфейсу з логістичними структурами керування розвивалася або, принаймні, була стабільною, потрібно відповідально підійти до формування конкретного складу й до визначення характеру завдань планування й керування поточковими процесами, розподіляючи їх по рівнях і галузях ієрархічної системи, як у вертикальному, так і в горизонтальному рівні.

Варто підкреслити, що велике значення має також попереднє узгодження системи методів і засобів реалізації завдань керування. Інакше кажучи, це сполучення формалізації моделей керування з розробкою відповідних алгоритмів і набором необхідних технічних засобів.

Крім цього, варто визначити розрахункові норми керованості по структурних компонентах системи, установлюючи необхідні параметри складу персоналу. При цьому варто враховувати можливість корегування чисельності й форм структурних підрозділів організації, одночасно регулюючи ступінь їхньої централізації або децентралізації в системі керування. При цьому важливо також установити тимчасові нормативи й способи зберігання даних, які можуть знадобитися для функціонування конкретних підрозділів виробничо-логістичної системи, їхнього всебічного взаємозв'язку, узгодження

дій і оцінки кінцевих результатів. Інтерфейс логістичних інформаційних систем, інтегруючись в організаційну структуру керування виробничо-господарською діяльністю, підсилює її жорсткість у процесі функціонування, гнучкість у процесі адаптації й раціональність у взаємозв'язках.

Упровадження інтерфейсу інформаційних логістичних систем на макро- або мікрорівні спричиняє деяке первісне збільшення витрат на керування. Однак, ці витрати окупаються дуже швидко, тому що використання логістичних підходів приводить до зменшення питомих цільових, а разом з ними й сукупних витрат, які пов'язані з рішенням великого комплексу завдань з керування поточними процесами.

Незважаючи на те, що кількість таких завдань різко зростає в порівнянні із традиційними методами керування, якість їхнього рішення значно вище й при цьому створюються умови для породження синергетичного ефекту.

Підвищена увага до даного питання викликана тим, що визначення причинно-наслідкових зв'язків і організація взаємодії між підрозділами в структурі керування матеріальними й інформаційними потоками являє собою одну з найбільш складних проблем у забезпеченні ефективності закупівельної, виробничої й маркетингової діяльності.

Виходячи із цього, варто помітити, що використання логістичної концепції для формування ефективних економічних систем і створення у зв'язку із цим відповідних організаційно-функціональних підрозділів відкриває широкі можливості. Уже те, що завдання не тільки поточного, але й стратегічного характеру, що вимагають рішення, рівномірно розподіляються по рівнях керування й структурних підрозділах, є прогресивним кроком уперед. Новизна в області практичної діяльності полягає в тім, що формування вертикальних і горизонтальних взаємозв'язків здійснюється не на первинній ієрархічній або функціональній основі, а на базі створення спеціалізованих організаційно-економічних моделей рішення управлінських завдань. Дані моделі можуть бути спрямовані як на централізацію, так і, за необхідності, на децентралізацію управлінських взаємозв'язків при рішенні локальних і/або узагальнених завдань.

Однак варто помітити, що *даний спосіб має підкріплюватися підвищенням відповідальності конкретних підрозділів і працівни-*

ків, по-перше, за кінцеві результати прийняття тих або інших рішень, а по-друге, за успіх реалізації запропонованих тому або іншому фігурантові функцій з керування матеріальними й інформаційними потоками.

Резюмуючи, можна відзначити, що специфічною особливістю логістичного підходу до інтеграції організаційних структур керування й інтерфейсу інформаційної логістичної системи є їхня адекватність один одному й сполученій динамічності у процесі функціонування.

Саме це кладе в основу формування комплексу ефективних прийомів і способів керування поточними процесами в оперативному й стратегічному відношенні з урахуванням факторів турбулентності, що викликаються зовнішнім середовищем, і здатності до саморозвитку властивостей пристосування в процесі пошуку оптимальних рішень різноманітних завдань сфери керування.

1.8.4. Техніка для обробки даних

1.8.4.1. Техніка для обробки даних в інформаційних системах. Обчислювальний пристрій для обробки даних інформаційної системи містить матеріальні елементи (апаратне забезпечення) і програми (програмне забезпечення).

Апаратне забезпечення. Для обробки й аналізу даних у центральному пристрої необхідні центральний процесор, центральний запам'ятовувальний пристрій і пристрої введення й виведення, які підтримують передачу даних між периферійними пристроями й центральним пристроєм. Під узагальненим поняттям «периферія» об'єднані всі технічні елементи, які не стосуються до центрального пристрою.

Центральний процесор включає пристрій керування (керуючий блок) для виконання різних команд програми й операційний пристрій, що виконує обчислювальні операції. *Центральний запам'ятовувальний пристрій* – це запам'ятовувальний пристрій усередині центрального пристрою, до якого центральний процесор має безпосередній доступ. Він відповідає за проміжне запам'ятовування й відрізняється високою швидкістю доступу, що у сучасних приладів становить наносекунди. Завдання центрального запам'ятовувального пристрою полягають у виборі програм під час виконання, а також запам'ятовування даних введення й виведення.

Поряд із цими внутрішніми запам'ятовувальними пристроями існують зовнішні запам'ятовувальні пристрої, які знаходяться поза

центральним запам'ятовувальним пристроєм. Характерними для цього запам'ятовувального пристрою є більший час доступу й більший обсяг пам'яті. Як носії даних використовуються, наприклад, накопичувачі на магнітних дисках. Розвиваються накопичувальні системи з оптичним носієм даних, які підходять для дуже великої кількості даних. *Запам'ятовувальні пристрої тільки для зчитування* вже є у розпорядженні. Незабаром можна чекати *запам'ятовувальні пристрої для запису й зчитування*.

Запам'ятовувальні пристрої тільки для зчитування записують тільки один раз дані, які більше не можна виправити. Тобто ці запам'ятовувальні системи підходять тільки для даних, що не змінюються, таких як, наприклад, прикладне програмне забезпечення. *Запам'ятовувальні пристрої для запису й зчитування* – навпаки допускають багаторазовий запис носія даних і тому можуть застосовуватися також для часто мінливих даних.

На сьогоднішньому ринку обчислювальні пристрої поділяють залежно від їхньої потужності на чотири групи. Найважливішим критерієм потужності є швидкість обробки даних у МОС (мільйонах операцій у секунду), що, крім того, виходить із частоти проходження тактових імпульсів, діапазону оброблюваного інформаційного слова й кількості використовуваних процесорів. Швидкості обробки даних, що досягаються, лежать для:

- ✓ мікрокомп'ютерів – у межах до 0,5 МОС;
- ✓ мінікомп'ютерів – у межах до 10 МОС;
- ✓ більших комп'ютерів – у межах до 40 МОС;
- ✓ суперкомп'ютерів – у межах понад 40 МОС.

Поряд із цими даними, що описують швидкість обробки даних, при виборі системи обробки даних ураховуються, звичайно, і інші істотні критерії оцінювання. Це, наприклад, готовність відповідного програмного забезпечення до різного використання, готовність відповідних співробітників, обслуговування постачальників апаратного й програмного забезпечення, якість програмного забезпечення, ціна, експлуатаційна надійність і можливість розвитку програмного забезпечення.

Програмне забезпечення. Для користувача розрізняються чотири блоки програмного забезпечення:

- ✓ *операційні системи;*
- ✓ *програми перекладу для різних мов програмування;*
- ✓ *прикладне програмне забезпечення;*
- ✓ *індивідуальне програмне забезпечення.*

Операційні системи, як правило, сильно залежать від використання апаратного забезпечення. Цим обмежується їхнє використання, тому в останні роки перейшли до використання портативних, тобто не залежних від апаратного забезпечення операційних систем. Прикладом тому є широко розповсюджена в даний момент операційна система UNIX. В операційну систему входять програми для керування й обробки замовлень клієнтів. Вони регулюють, наприклад, введення й виведення інформації за допомогою ділення задачі на підрозділи, які сполучаються через інноваційні канали та тимчасові файли.

Програми перекладу читають команди на більш високій мові програмування й роблять їх зрозумілими для процесора.

Мови програмування мають функцію створювати для обробки даного завдання зрозумілий для обчислювальної машини шлях рішення у формі програми. Розвиток мов програмування відбувався в кілька поколінь.

Мови програмування *першого покоління* – це чисто *машинні мови*, які разом з мовами *Асемблера* (*друге покоління*) називаються також машинно-орієнтованими мовами. Термін машинно-орієнтовані позначає також, що ці мови одного типу процесора відрізняються від іншого. При такому складанні програми можна чекати високої швидкості обчислень, тому що можуть бути дуже добре використані внутрішні можливості центрального процесора. Однак, читабельність такої програми оператором ускладнюється, внаслідок чого сильно підвищуються витрати на обслуговування.

Для полегшення складних програмних задач використовуються мови програмування високого рівня, що орієнтовані на користувачів (*третє покоління*). Вони дозволяють програмісту скласти програму незалежним від машини, абстрактним способом запису. Залежно від виду складання програми застосовуються різні мови програмування, які підтримують відповідний випадок застосування. Орієнтовані на користувача мови програмування далі підрозділяються ще на *проблемно-орієнтовані мови* й *мови, орієнтовані на реалізацію*. Часто застосовані мови програмування – це *Кобол*, *Фортран*, *Паскаль* і *C*.

У той час як *Кобол* використовується для комерційних проблем, *Фортран* застосовується при технічних-математико-технічних проблемах. Бажанню багатьох програмістів, з метою створення наочності й профілактики програмувати структуровано, відповідають мови програмування *Паскаль* і *C*.

Останні також часто використовуються при технічних—математико-технічних проблемах.

Мови програмування *четвертого покоління* часто орієнтовані на реалізацію. До них належать *інтегровані програмні системи* (так звані мови бази даних), за допомогою яких дуже потужні команди застосовуються до більших кількостей даних і які, зазвичай, використовуються інтерактивно, тобто можуть керуватися шляхом втручання оператора. Вони підходять, насамперед, для інформаційних систем на рівні керування, а також для логістичних інформаційних систем.

Для застосування в областях *штучного інтелекту* й *експертних систем* було створене поняття мови програмування *п'ятого покоління* (наприклад, Smalltalk80, Prolog, LISP). На рис. 1.65 наведено класифікацію вживаних мов програмування.

Прикладне програмне забезпечення служить, насамперед, рішенням вузько спрямованих завдань. Для багатьох проблем, які виникають на підприємствах, були розроблені стандартні програми, які неодноразово можуть використовуватися в різних операторів. Прикладами є програмне забезпечення систем автоматичного проектування, обробки текстів, бази даних, табличних обчислень, фінансової бухгалтерії, фактурування. З іншого боку, розроблювачами програмного забезпечення реалізуються також *індивідуальні програми*, які виробляються тільки для спеціальних випадків застосування, таких як складське керування, що враховує проблеми, специфічні для підприємства. Такі програми завжди супроводжуються високими витратами на розробку, тому що проектним витратам протистоїть тільки *одне* використання в замовника.

Мови програмування					
машинно-орієнтовані		орієнтовані на користувача			
машинні мови	мови асемблера	проблемно-орієнтовані			Орієнтовані на реалізацію
специфічні для процесора	специфічні для процесора	технічно орієнтовані – Fortran – Pascal – C	орієнтовані на економіку й науку – Cobol	орієнтовані на моделювання – Symula – GPSS	мови бази даних (інтегровані програмні системи)

Рис.1.65. Класифікація мов програмування

Програмне забезпечення повинне відповідати різним параметрам якості. З точки зору *розроблювача* потрібні гарна можливість зчитування тексту програмного джерела й матеріалу даних, адаптивність до змінних технічних вимог й *зручність обслуговування*, можливо, шляхом обслуговування онлайн.

Користувач, навпаки, вимагає відсутності помилок, зручності в експлуатації, виконання необхідного обсягу робіт і достатньої швидкості передачі (продуктивності) програмного забезпечення.

Розробка програмного забезпечення стає усе складніше й вимагає тому відповідних інструментів.

Щоб відповідати цим вимогам, сьогодні застосовують різні інструменти розробки програмного забезпечення. *Проектні інструменти* перетворюють ідею програмного забезпечення в більш-менш формальну мову або навіть графічну. *Кодовані інструменти* допомагають у розробленні текстів програмних джерел і протоколюють послідовність випробування. *Документальні інструменти* полегшують розробку повної документації.

На рис. 1.66 подано вісім фаз розробки програмного забезпечення, які перебувають між ідеєю й готовою програмою. У перших трьох фазах (*попереднє дослідження, аналіз вимог і визначення результату*) разом з користувачем аналізуються проблеми і уточнюється специфіка робіт. Фаза *концепції системи* включає розробку плану виконання програми, з якого виходять компоненти програмного забезпечення, які потім розробляються у фазі *реалізації компонентів*.

Фази розробки програмного забезпечення	Інструменти розробки програмного забезпечення	
Попереднє дослідження	Проектні інструменти	Документальні інструменти
Аналіз вимог		
Визначення результату		
Концепція системи		
Реалізація компонентів	Кодовані інструменти	
Комплектування системи	Засоби налагодження	
Установлення системи		
Функціонування системи		

Рис. 1.66. Фази розробки програмного забезпечення

Слідом за цим впливають фази *комплектування системи, установа системи й функціонування системи*. Тут програмне забезпечення пристосовується до комп'ютерної системи користувача й після відповідного установа вводиться в експлуатацію й тестується. Залежно від стану розробок застосовуються нижче названі інструменти програмного забезпечення.

Зберігання й супровід даних. Завдання зберігання й супроводу даних – це швидке надання й повторний пошук один раз отриманої інформації. Тут необхідна організація даних у банках даних. Із цих банків даних різними користувачами можуть потім, за потреби, запитуватися різні дані. *Банк даних* – це збір великої кількості зв'язаної між собою по змісту інформації або ж даних, які доступні для різних застосувань. Дані мають зберігатися з контрольованим надлишком і бути незалежними від їхніх програм, що використовуються. Концептуально новим у системах бази даних є здійснення центрального контролю масиву даних, що роблять їх доступними для декількох користувачів.

Система бази даних складається зі структурованих даних, а також із програмного забезпечення керування, що, з одного боку, управляє даними, а з іншого боку, надає мову, щоб маніпулювати даними. Ефективність системи бази даних залежить в основному від часу звертання до масиву даних.

Моделі даних описують структуру даних для певної системи керування базою даних. Розрізняють:

- ✓ ієрархічну модель;
- ✓ мережеву модель;
- ✓ реляційну модель.

Ієрархічна модель ґрунтується на структурі каталогу збережених даних. Дерево складається з *кореня* (вузлів), з якого розгалужуються подальші піддерева. Схема опису даних повинна відповідати таким умовам:

- Точно існує запис, що є на вищому ієрархічному щаблі.
- Кожний запис, що не перебуває на вищому ієрархічному щаблі, явно має попередника.

Ієрархічні відносини виражаються стрілкою. Тут можна також говорити про відносини батько – син.

У *мережних моделях* припускаються різні відносини між записами. На відміну від ієрархічної системи це означає, що запис

може мати як декількох попередників, так і декількох послідовників. Перевага полягає в тому, що в цю базу даних можна увійти в декількох пунктах і не потрібно йти ієрархічно зверху донизу. Крім того, таким чином, у базі даних може бути представлено набагато більше відносин, чим це можливо в ієрархічній моделі даних (без надлишку).

Реляційну модель спрощено можна подати як систему двомірних таблиць, які називають відносинами (файлами). Таблиці мають строго певну кількість стовпців і будь-яку кількість рядків. Рядки (пропозиції) цих відносин називаються кортежами, а стовпці – атрибутами. Кожний кортеж потім може однозначно визначатися за своїм первинним ключем, що складається з першого атрибута або ж також може складатися з декількох атрибутів. На основі симетричної структури даних можуть додаватися нові записи або віддалятися існуючі, без шкоди при цьому для інших записів. Хоча реляційні бази даних ще не дуже поширені в комерційному застосуванні, системи бази даних майбутнього будуть орієнтуватися на реляційну модель, тому що вона може використовуватися дуже гнучко.

Системи бази даних поки що змогли прижитися у великому обсязі тільки в області комерційної обробки даних, але також в області обробки технологічної інформації застосування баз даних у майбутньому буде користуватися більшим попитом. При цьому все-таки повинен бути забезпечений доступ до даних за умови роботи в реальному часі. У таких випадках часто використовуються *бази даних у реальному часі*. Вимоги, які автоматизовані технічні процеси пред'являють відносно роботи в режимі реального часу до баз даних, можна узагальнити у пунктах:

- обчислювальні процеси, що паралельно відбуваються, повинні мати можливість одночасно одержувати доступ до бази даних;
- доступи до бази даних мають відбуватися з урахуванням пріоритетів;
- терміни доступу для певних операцій баз даних повинні обчислюватися коротко й у своїй тривалості точно;
- масиви даних повинні мати можливість бути захищеними блокуванням даних або блокуванням записів.

Деякі технічні процеси вимагають від систем бази даних 24-годинної роботи. При цьому неможливі проміжні реорганізації або профілактики системи. Тут пропонується зберегти дані на другому носії для того, щоб захистити їх від втрати. При цьому дані переносяться з одного носія на іншій без яких-небудь змін, так що тоді в наявності буде два носії з абсолютно однаковими даними (дзеркальні диски). Для зберігання даних повинні використовуватися тільки такі носії, які надають високу відмовостійкість.

Під *безпекою даних* розуміють усі методи, які мають на меті у будь-який час забезпечити повноту й точність даних. В основному, якщо дані важливі, необхідно регулярно копіювати весь масив даних на такі носії, як, наприклад, жорсткий диск й зберігати в безпечному місці.

Але в широкому сенсі під поняття безпека даних попадає також безпека технологічних процесів в області електронної обробки даних, захист даних і програм від втрати, руйнування, підробки, а також захист машини й допоміжного устаткування від ушкодження й руйнування.

Захист даних запобігає незаконному використанню даних, програм і приладів. Необхідно також назвати у зв'язку із цим і крадіжку.

Відносно ризиків і небезпек для масивів даних можна провести розходження між катастрофами (пожежа, вибух), технічними збоями (збій подачі струму) і людськими неправильними діями. Ці неправильні дії можуть відбуватися ненавмисно й випадково (помилка в роботі), а можуть навмисно.

Заходи щодо захисту даних необхідно проводити спочатку на будівельних і технічних рішеннях. Як приклади тут можна згадати протипожежні заходи, спринклерні установки й контрольно-пропускні режими. Персональні заходи охоплюють вибір персоналу й підготовку посвідчень.

У висновку необхідно згадати ще вибір різноманітних організаційних заходів для захисту даних:

– Кожне одержання даних повинне перевірятися й контролюватися.

– У керуванні даними необхідно дотримувати принципу покоління, тобто старий масив даних можна видалити тільки тоді, коли буде існувати його актуальна копія.

– Масиви даних на носіях, які потрібно тільки читати, одержують захист від запису.

– При обробленні в діалоговому режимі певну ієрархію контролю доступу можна зробити недоступними для сторонніх.

– Спілкування резервного обчислювального центра із запасною обчислювальною машиною, що тримається наготові на випадок можливої поломки.

1.8.4.2. Техніка для обробки даних у системах керування. Інформаційно-керуючі й вбудовані системи сьогодні широко розповсюджені. Керуючі комп'ютерні системи використовуються в побутовій техніці (телевізорах, музичних центрах, холодильниках, пральних машинах, мікрохвильових печах), в автомобілях, у сучасних засобах зв'язку, у промисловості, у військовій і аерокосмічній техніці [3].

Виникла тенденція до вкладень у ринок убудованих систем. Це стосується як промислової й військової техніки (традиційних економічних ніш подібного роду систем), так і інтелектуальної побутової техніки. На початку вісімдесятих років двадцятого сторіччя великий попит на керуючі системи викликав серйозний прогрес у технології виробництва напівпровідників.

На відміну від систем загального призначення, проектування різного роду керуючих систем накладає на розроблювачів додаткову відповідальність. У розробленні даного програмного забезпечення необхідно враховувати такі речі, як надійність, безпека, реальний час, ремонтпридатність, живучість і т. д. У переважній більшості випадків програмне забезпечення вбудованої системи не можна розглядати у відриві від апаратного забезпечення, конструкції й особливостей оточення. Необхідно розуміти, що проектується не частина системи, а *система цілком*. Підходи, використовувані сучасними програмістами при створенні більших програмних систем загального призначення у світі систем, що вбудовуються, як правило, не працюють або працюють украй погано.

Практика показує, що програмне забезпечення, розроблене й налагоджене в ідеальному середовищі з використанням симулято-

рів, на реальній апаратурі, як правило, відразу не працює. Це створює певні складності, тому що для налагодження програмного забезпечення їх необхідно забезпечувати спеціалізованим устаткуванням (осцилографами, мікропроцесорними стендами, прототипними платами й т.п.).

Використання тільки персональних комп'ютерів не дає потрібного ефекту. На жаль, сучасні операційні системи, застосовані для офісних додатків, не дозволяють здійснювати роботу в реальному масштабі часу. Більша частина механізмів, використовуваних у вбудовуваних системах, відсутні у персональному комп'ютері, або фактично недоступні. Доступ до апаратних засобів персонального комп'ютера закритий ядром операційної системи, крім того, необхідно відзначити часту зміну елементної бази ПК і її велику складність і надмірність.

Конкретні або приватні знання дуже швидко застарівають, завжди є ризик, що до кінця навчання ви не побачите тих пристроїв або програмних продуктів, які проходили.

1. Більша частина ідей в області обчислювальної техніки виникла досить давно, кілька десятків років тому. Зараз відбувається впровадження давно розроблених концепцій. Практика показує, що концептуальні знання старіють дуже повільно.

2. Конкретної (приватної) інформації дуже багато, орієнтуватися в ній украй складно, якщо не знати, що саме потрібно шукати.

3. Знаючи концепцію й принцип роботи базових механізмів вбудованої системи, розуміючи особливості апаратного забезпечення й навколишнього середовища в комплексі, можна цілеспрямовано, коротким шляхом добратися до інформації, що цікавить вас, і, отже, швидко її вивчити.

Система реального часу

Принципова відмінність звичайних інформаційних систем від систем реального часу (СРЧ) у трактуванні реакції на вхідний вплив. Стосовно СРЧ говорять, що отримана пізно відповідь прирівнюється до неправильної відповіді (по-англійському «The right answer late is wrong»).

Наведемо два визначення терміну «система реального часу».

✓ Система реального часу – обчислювальна система з гарантованим часом реакції на події.

✓ Система реального часу – будь-яка обчислювальна система, у якій час формування вихідного впливу є істотним.

Система реального часу не повинна обов'язково бути швидкою, це розповсюджена омана. Система реального часу повинна видавати реакцію у відповідь на інформацію, що надходить на її вхід у гарантовані проміжки часу.

За ступенем важливості наслідків недотримання часу реакції виділяють дві групи систем реального часу.

✓ Система м'якого реального часу.

✓ Система твердого реального часу.

У першому випадку недотримання вимог реального часу не є катастрофічним стосовно мети роботи СРЧ. У другому випадку, недотримання вимог реального часу приводить до неможливості виконання цільової функції системи.

Інформаційно-керуюча система

Інформаційно-керуюча система (ІКС) – цифрова система контролю або керування деяким реальним об'єктом, що називається зазвичай об'єктом керування. На вхід ІКС надходить інформація з датчиків, на виході ІКС виробляється керуючий вплив за допомогою виконавчого пристрою (див. рис. 1.67).

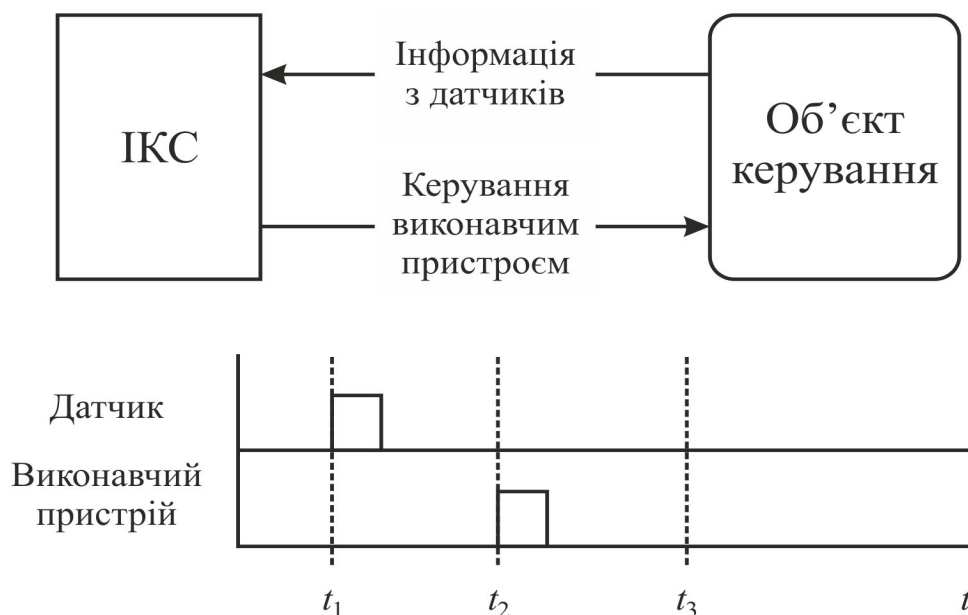


Рис. 1.67. Взаємодія ІКС і ОК відбувається в реальному масштабі часу

Інформаційно-керуюча система (або вбудована система) і система реального часу не є синонімами. Відмінність СРЧ від ІКС полягає в тому, що керуюча складова в СРЧ не є обов'язковою. У клас СРЧ може бути включена як інформаційно-керуюча система, так і система, що відноситься до інформаційної. Для прикладу до СРЧ можна віднести комп'ютерні ігри й системи резервування авіаквитків.

Усі ІКС є СРЧ, у яких реалізований м'який або твердий реальний час.

ІКС може бути реалізована на базі одного або декількох контролерів. Таким чином, можна виділити два варіанти побудови ІКС.

– Зосереджені ІКС-ІКС, устаткування яких сконцентровано в безпосередній близькості від об'єкта керування й, як правило, конструктивно зв'язано воедино.

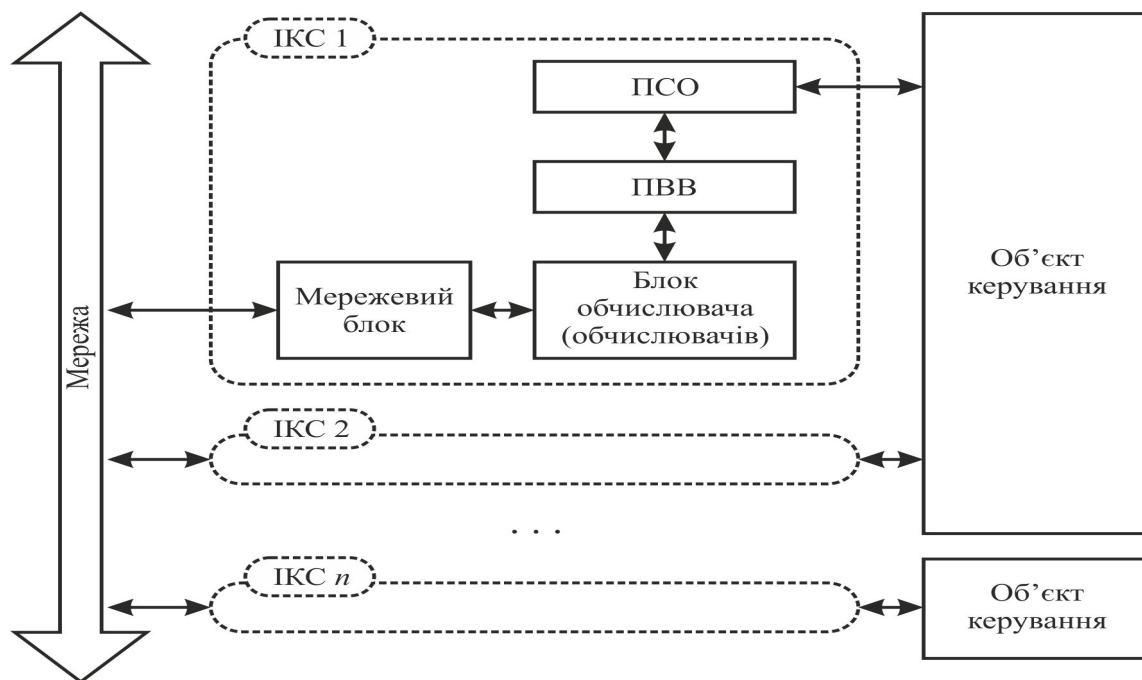


Рис. 1.68. Розподілена ІКС складається з декількох ІКС, об'єднаних у єдину мережу

– Розподілені інформаційно-керуючі системи (РІКС), ІКС-ІКС, розділені на кілька пристроїв і розташовані вдалині один від одного, пов'язані за допомогою яких-небудь каналів зв'язку, наприклад, контролерної мережі (рис. 1.68).

Зосереджені ІКС можуть застосовуватися тоді, коли система керування вкрай проста або всі обчислювальні потужності можна сконцентрувати в одному місці. Перевагою зосереджених ІКС є висока швидкість взаємодії між компонентами в тих випадках, коли обчислювачів (процесорних блоків) більше одного.

Розподілені ІКС, як правило, застосовуються в тих випадках, коли прокладка кабелів від датчиків і виконавчих пристроїв обходиться занадто дорого (або взагалі неможлива) і простіше розташувати поруч із кожним об'єктом керування або його частиною окремий контролер. Тому що всі контролери об'єднані в єдину мережу, існує можливість централізованого керування такою системою. На жаль, протяжні канали зв'язку, а також особливості реалізації бездротових каналів зв'язку накладають обмеження на швидкість і якість передачі інформації, що, у свою чергу, утрудняє дотримання реального часу при передачі даних через мережу.

Необхідність роботи в реальному масштабі часу (або просто в реальному часі) є однією з головних особливостей роботи ІКС. На графіку (рис. 1.67) показано три часи: t_1 – час одержання сигналу з датчика, t_2 – час видачі керуючого впливу на виконавчий механізм, t_3 – крайній строк видачі керуючого впливу. Якщо з певної причини видача керуючого сигналу затримується, сигнал буде вироблений після t_3 , керуючий сигнал буде марний або навіть шкідливий. Як приклад розглянемо систему керування склопідйомником в автомобілі. Якщо ІКС ігнорує сигнал датчика положення скла, то скло або його руйнівний механізм можуть бути зіпсовані.

До складу ІКС звичайно входять такі апаратні й програмні компоненти:

- Пристрій введення-виведення (ПВВ).
- Пристрій сполучення з об'єктом (ПСО).
- Блок обчислювача ІКС.
- Мережний блок ІКС.
- Контролерна мережа.
- Системне ПО, можливо ОС РВ.
- Інструментальне ПО.
- Прикладне ПО.

Вбудована система

Останнім часом через прогрес в області обчислювальної техніки зміст терміну *вбудована (або що вбудовується) система*

змінився. Тепер це поняття стало близьким за змістом інформаційно-керуючій системі. Варіантів визначень терміну *вбудована система* багато, але усі вони поки повністю не відбивають її характерних рис.

Розглянемо кілька варіантів визначення.

– Вбудовані обчислювальні системи (ВОС) (embedded system) – спеціалізовані (замовлені) обчислювальні системи (ОС), безпосередньо взаємодіючі з об'єктом контролю або керування й об'єднані з ним єдиною конструкцією.

– Вбудована обчислювальна система (ВОС) (embedded system) – спеціалізована інформаційно-керуюча система (ІКС) для виконання певного набору функцій.

– Вбудована обчислювальна система (ВОС) – будь-яка система, що використовує комп'ютер як елемент, але не виконує функції комп'ютера. Приклади ВОС: DVD-програвач, світлофорний об'єкт, банкомат, паркомат і т.д.

– Системою, що вбудовується, можна вважати будь-яку обчислювальну систему, що не є ПК, портативним комп'ютером або великим універсальним комп'ютером (mainframe computer).

– Вбудована обчислювальна система – пристрій, що містить у собі програмувальний комп'ютер, але не є при цьому комп'ютером загального призначення.

– Вбудована обчислювальна система – будь-яка обчислювальна система, що не є настільним комп'ютером.

Як правило, вбудована система є частиною більшої системи або вбудовується безпосередньо в об'єкт керування.

Якщо в будь-якій інформаційно-керуючій системі (ІКС) є й інформаційний, і керуючий аспекти, то у вбудованій системі переважає в основному керуючий аспект. Також як і ІКС, вбудована система є системою реального часу.

Вбудовані системи – це системи, «інтегровані» з об'єктами фізичного миру. Їхні елементи практично завжди обмежені за ресурсами. Це системи тривалого життєвого циклу, часто автономні. Масштаб їх за розмірами і складністю змінюється в дуже широких межах. Такі системи розраховані на непрофесійних користувачів і часто виконують критично важливі функції.

За призначенням вбудовані системи можна підрозділяти на такі категорії.

– Системи автоматичного керування (САК).

– Вимірювальні системи й системи збирання інформації з датчиків.

- Системи передачі даних (комунікаційні системи).
- Системи керування рухливими об'єктами.
- Підсистеми обчислювальних систем загального призначення.

Приклади вбудованих систем.

- Автопілоти морських суден і літаків.
- Системи керування автомобілем (АБС, інжектор і т.п.).
- Стільникові телефони.
- Медичне устаткування.
- КПК.
- Ігрові консолі.
- Цифрові музичні інструменти.
- Системи керування зброєю.
- Мережне устаткування (комутатори, маршрутизатори, ADSL модеми й т.п.).

Діапазон реалізацій ВОС дуже великий. У нього попадають і найпростіші пристрої рівня домашнього таймера, і складні розподілені ієрархічні системи, що керують критично важливими об'єктами. Важливо, що, проектуючи ВОС, розроблювач завжди створює спеціалізовану обчислювальну систему, незалежно від ступеня співвідношення готових і заново створюваних рішень. У сферу його аналізу попадають усі рівні організації системи. Він має справу не зі створенням додатка в готовому операційному середовищі при наявності потужних і зручних інструментальних засобів, а зі створенням нової спеціалізованої ОС в умовах твердих обмежень самого різного плану.

Безумовно, частину завдань в області створення ВОС вдається вирішувати шаблонними засобами, особливо якщо мова йде про розвиток або модифікацію вже готової системи. Але навіть у цьому випадку потрібне використання якісної обчислювальної платформи, потужного спеціалізованого інструментарію, ретельна верифікація й тестування продукту.

Завдання створення ВОС, які не укладаються за тих або інших причин у рамки шаблонних рішень, постійно вимагають удосконалення методів і засобів проектування.

Розподілена вбудована система – це просторово розосереджена вбудована система. Такі системи характеризуються наявністю слабого зв'язку між компонентами.

Тенденція ускладнення ВОС проявляється насамперед у тому, що більшість систем реалізуються у вигляді багатопроцесорних

розподілених ОС або контролерних мереж. Це додатково ускладнює завдання проектувальника. Розглянемо основні властивості сучасних розподілених ВОС.

- Безліч взаємодіючих вузлів (більше двох). Інтерес сьогодні представляють системи з одиницями тисяч взаємодіючих вбудованих комп'ютерів.

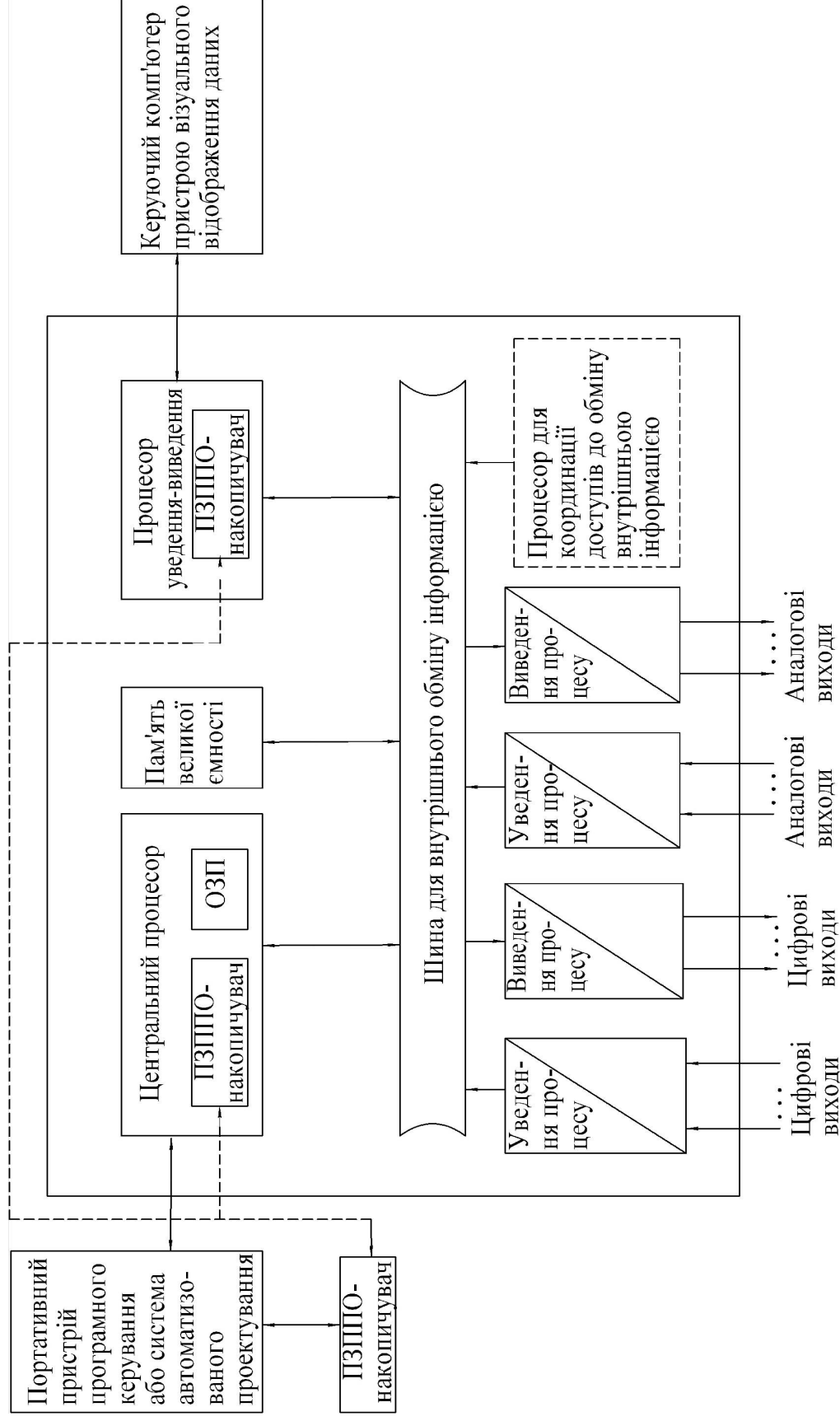
- Робота у складі систем керування без участі людини. У таких системах оператор може бути присутнім, одержувати інформацію й частково мати можливість впливати на роботу системи, однак основний обсяг керування виконує розподілена ВОС. Ступінь функціональної й просторової децентралізації керування може змінюватися в широких межах. Обчислювальні елементи ВОС виконують завдання, відмінні від завдань обчислень і комунікацій загального призначення.

- Розподілені ВОС використовуються у складі великих за масштабом технічних об'єктів (наприклад, літак або будинок) або взаємодіють із об'єктами природи (наприклад, комплекси моніторингу навколишнього середовища).

- Розподілені ВОС можуть характеризуватися вузлами з обмеженим енергоспоживанням, мати фіксовану або гнучку топологію, виконувати критичні для життєдіяльності людини функції, вимагати високотехнологічної реалізації або створюватися як прототип.

Залежно від типу програмного носія розрізняють *системи керування за фіксованою програмою, програмувальні логічні контролери (ПЛК) і мікропроцесорні системи керування.*

При *системі керування за фіксованою програмою* програму керування визначають електронні схеми, реле захисту і їх комутування. Відміною системи керування за фіксованою програмою є тверде комутування керування з устаткуванням або машиною. Вони діляться на *системи керування за твердою програмою й непрограмувальні системи керування.* Системи керування за твердою програмою – це жорстко закомутовані електронні або електронно-механічні (захисні системи), при яких наступна зміна програми більше неможлива. Негнучкість негативно позначається на змінах у русі матеріалів і технологічному процесі, тому що ці системи керування розраховані винятково на особливий випадок використання. *Системи керування за фіксованою програмою* допускають незначну зміну програми. Перенастроювання програми відбувається через перемикач (матричний перемикач).



ПЗППО: Постійний запам'ятовувальний пристрій, що програмується та очищується
 ОЗП: Оперативно запам'ятовувальний пристрій

Рис. 1.69. Структура програмувального логічного контролера

Програмувальні логічні контролери, які діляться на системи керування за змінною програмою й системи керування за гнучкою програмою, навпаки – застосовуються надзвичайно гнучко на основі можливих перенастроювань програм. Тому сьогодні потрібно програмувати, замість того, щоб комутувати. Розвиток інтегрованих осередків привів до того, що, з одного боку, користувачі, які прагнуть до мінімізації витрат, посилено застосовують програмувальні логічні контролери в областях, які дотепер були призначені винятково для контакторних і релейних систем керування (системи керування за фіксованою програмою)

З іншого боку, більші ПЛК–системи завойовують все більше визнання в рішенні складних завдань, які дотепер можна було здійснювати тільки за допомогою керуючого комп'ютера. Поряд з керуванням програмувальні логічні контролери приймають на себе також такі завдання, як контроль стану обчислювальної машини, зв'язок з іншими контролерами й в обмеженому обсязі навіть регулювання процесів. Рис. 1.69 демонструє структуру програмувального логічного контролера.

Центральний процесор може програмуватися або прямо, або за допомогою EPROM (Erasable Programmable Read-Only Memory)-накопичувача (запам'ятовувальний пристрій), що стирає програму. Накопичувачі EPROM, що стираються, є програмувальними запам'ятовувальними пристроями для зчитування. Для змін програми вони повинні бути витягнуті із пристрою й можуть бути стерті тільки цілком. Потім вони повністю обновляться, тобто буде записана змінена програма. Через трудомістке перепрограмування вони менш гнучкі, але для захисту даних їм не потрібні буферні батареї.

Дані, які виводяться і постійно змінюються під час роботи системи керування при обчисленнях, зберігаються на *запам'ятовувальних пристроях для запису й зчитування* або на RAM (Random Access Memory) – запам'ятовувальних пристроях прямого доступу. Запам'ятовувальні пристрої нестійкі, тобто після вимикання системи керування дані втрачаються.

Центральний процесор виконує програму й передає необхідні команди через шину для внутрішнього обміну інформацією всім іншим об'єктам системи керування.

Зв'язок із зовнішнім світом, тобто з датчиками й виконавчими механізмами, стає можливим завдяки блокам введення й виведення процесу. Останні можуть обробляти як цифрові сигнали, так і аналогові. Електрично вони, як правило, влаштовані так, що виведення даних відбувається через високі комутаційні струми.

Під час введення електрична розв'язка найчастіше здійснюється через оптоелектронний пристрій зв'язку, що захищає систему керування від перешкод (напруги й струму), що виходять із керованого процесу або від технологічного устаткування.

Якщо в керованому процесі з'являється велика кількість даних, то вони можуть зберігатися на *накопичувачах великої ємності*.

Процесор введення й виведення, що також може бути програмованим ззовні, підходить для взаємозв'язку із центральною обчислювальною машиною, а також з іншими кінцевими пристроями, як, наприклад, пристроєм візуального відображення даних.

Якщо програмувальний логічний контролер улаштований як система процесорів з декількома центральними процесорами, необхідний процесор-координатор, що буде регулювати доступи до внутрішньої шини.

Програмування відбувається за допомогою *портативного пристрою програмного керування* або в так званій *системі автоматизованого програмування*. Система автоматизованого програмування – це комп'ютерна система, що забезпечує можливість програмування EPROM, необхідного системі керування. Для цього вона повинна поряд з апаратним забезпеченням надати в розпорядження також програмне забезпечення, що, як правило, містить багато засобів програмування. Програмування може відбуватися прямо або через EPROM-накопичувачі, які після програмування включаються в систему керування. Для введення в експлуатацію на етапі тестування доцільний *онлайн-зв'язок* через портативний пристрій програмного керування. Якщо ж програма протестована, програмується EPROM-накопичувач. Портативний пристрій програмного керування в цьому випадку вже не потрібен.

Мікропроцесорна система керування завдяки низькій ціні й великій потужності знаходить широке застосування. Вона застосо-

вується зокрема для рішення складних завдань керування. Мікропроцесорна система керування відрізняється від програмувального логічного контролера відсутністю пристрою введення й виведення, що може, наприклад, забезпечити виконавчі механізми технологічного устаткування високими комутаційними струмами. Це означає, що мікропроцесорна система керування проводить в основному тільки логічні зв'язки.

Якщо для виконавчих механізмів засобів технологічного процесу й засобів виробництва виводяться необхідні дані, то мікропроцесорна система керування повинна бути оснащена пристроєм введення й виведення подібно програмувальному логічному контролеру.

Застосовуване для завдань, пов'язаних із системою керування, програмне забезпечення має розвиватися, зокрема, з погляду надійності, зрозумілості, придатності для створення модифікацій, можливості багаторазового використання, ефективності, зручності використання. Для цього застосовуються методи, розроблені в рамках створення програмного забезпечення.

1.8.5. Техніка виведення даних

1.8.5.1. Техніка виведення даних в інформаційних системах.

Апаратне забезпечення. Виведення даних в інформаційній системі має виконуватися в читабельній для людини формі. Важливими пристроями виведення даних є пристрої з дисплеями (термінали) і принтери. Залежно від застосування використовується ще безліч інших пристроїв виведення даних, таких, наприклад, як плоттер, пристрій фотонабору й пристрій мовного виведення.

Як правило, на місці роботи кожного комп'ютера є *пристрій з дисплеями*. Сьогодні в розпорядженні маємо пристрої з кольоровим і чорно-білим виведення даних. Можливості екрана мають пристосовуватися до кількості виведених даних. Тому для графічного виведення рекомендуються пристрої з високим дозволом.

Принтери діляться за принципом друку на *механічні й немеханічні*. Важливими механічними принтерами є *літеродрукувальні апарати, матричні принтери, струминні принтери, апарати, що*

друкують формули, й стрічкові друкувальні пристрої або ланцюгові принтери.

Літеродрукувальні апарати розташовують рядок знак за знаком. Символи для подання знаків перебувають на літерних важелях, кулькових головках або пелюсткових літерних головках. Матричні принтери друкують знак голками по колонках, так, що знак з матриці складається із точок. Тут рядок також складається познаково. Матричні принтери бувають також багатобарвними, тоді використовується чотирикольорова стрічка.

Струминні принтери також становлять знаки з матриці. Однак тут не використовується барвна стрічка, а робота відбувається з керованими чорнильними розпилювачами, які розпорошують краплі чорнила на папір. Барабанні принтери завдяки порядковому роздрукуванню досягають дуже високої швидкості друку. Вони працюють із літерним валиком і тому не здатні до графічного зображення. Стрічкові або ланцюгові принтери фіксують літери на горизонтально обертовій нескінченній стрічці. Вони також не здатні до графічного зображення.

Останнім часом в області професійної обробки текстів помітна чітка тенденція в напрямку технології лазерного друку. Лазерний принтер – це немеханічний принтер, що використовує технологію, подібну фотодруку. Експонування друкованого валика відбувається все-таки керованим лазерним променем, що наводиться, як правило, з дозволом 300 точок на дюйм. Ці принтери відрізняються:

- ✓ великим дозволом;
- ✓ різними друкованими символами, які створюються на основі програмного забезпечення;
- ✓ можливістю змішувати графічні зображення й тексти в одній роздруківці;
- ✓ безшумною роботою;
- ✓ високою швидкістю друку.

При виведенні кривих, графіків, креслень або подібних зображень виявилися ефективними плоттери, бо можна використовувати папір форматів від А4 до А0. Точність знаків, також залежить від того, з якою величиною кроку можуть рухатися папір і світловий олівець. Він може бути 0,05 мм і більше. Революцію в область виведення даних представляє

фотонабір з лазерним механізмом устанавлення або метод архівування з виведенням на мікроплівку (комп'ютерне виведення на мікроплівку). Ця система переносить дані прямо на негативи, за допомогою яких виготовляються друковані плати. Експонування відбувається, як у лазерному принтері, але при цьому дозвіл цієї системи перебуває в межах від 1000 до 2000 точок на дюйм. Метод архівування з виведенням на мікроплівку застосовується в основному при архівуванні. При цьому методі дані прямо переносяться на мікроплівку або аркуші плівки (мікрофайли). На мікрофайлі розміром з поштову листівку містяться більше трьохсот сторінок формату А4. Таким перевагам як економія паперу й висока швидкість виведення протистоять такі недоліки, як відносно трудомістке відновлення й високі капіталовкладення.

Виведення даних у мовній формі перебуває в наш час у стадії розробки. Генератори слів із цифрових даних синтетично формують людську мову. Потенційну область застосування цієї техніки представляє сьогодні, наприклад, телефонна довідкова система.

Програмне забезпечення. Не тільки апаратне забезпечення має своє значення при виведенні даних. Усе більше й більше використовується програмне забезпечення, що може обробляти дані для графічного виведення. При візуалізації даних розрізняють рухливі і нерухливі зображення.

Спостереження за рухливими зображеннями на пристроях з дисплеями при візуалізації технічних процесів або під час презентації моделювання і його результатів можливо й часто бажано. Таким чином, наприклад, можливо спостерігати за роботою системи технологічних процесів уже до конкретної реалізації. При плануванні використання промислових роботів також можна моделювати застосування різних типів роботів в обробному модулі. Можливі слабкі місця можна усувати в такий спосіб вже на екрані. У зв'язку із цим часто говорять про комп'ютерну мультиплікацію.

Для подання нерухливих зображень на ринку програмного забезпечення пропонуються різноманітні графічні програми, за допомогою яких об'ємний числовий матеріал може оброблятися у візуально привабливій формі.

Ще відносно молодий продукт програмного забезпечення для обробки текстів і графічних зображень зветься *електронна*

видавнича система. Філософія, що стоїть за цією програмою, – це розробка повних ескізних проектів на екрані. Таким чином, ефективно може проводитися оформлення журнальних, газетних, книжкових і інших текстових сторінок з погляду розташування текстового й ілюстративного матеріалу. Лазерний принтер і лазерний пристрій, що фотоекспонує, дозволяють потім друкувати підготовлені в такий спосіб текстові сторінки.

1.8.5.2. Техніка виведення даних у системах керування. У той час як виведення даних в інформаційних системах відрізняється системами, які переводять дані в читабельну для людини форму, системи виведення даних у системах керування розроблялися так, щоб дані були *зрозумілі* для технологічного устаткування. Дані системи керування (сигнали керування), як правило, слабкі в плані потужності, повинні, наприклад, перетворюватися в рухи, прискорення, шляхи, моменти, потужності й тиски.

Виконавчі елементи, які виконують це перетворення, називаються *виконавчими механізмами* на противагу *датчикам*, які накопичують дані. Як правило, *електричні* виконавчі механізми застосовуються у формі електромоторів, які потім передадуть дані (сигнали керування) у передавальний механізм.

Контрольні запитання до підрозділів 1.7 та 1.8

1. Завдання системи керування.
2. Перелічіть складові системи керування автоматичного підлогового транспортного засобу.
3. Структура системи керування з використанням і без використання системи керування.
4. Перелічіть приклади механічних, магнітних та оптичних кодувань.
5. Перелічіть системи програмувальних носіїв інформації залежно від використання довжини хвилі.
6. Перелічіть приклади збирання інформації.
7. Принципи дії пристроїв, що зчитують штрих-коди.
8. Наведіть принципи дії датчиків (кінцевий вимикач, індуктивний кінцевий вимикач, геркон, контактна матриця, абсолютний датчик кутового положення).
9. Ультразвукова система вимірювання електричних величин.

10. Принципові системи для мобільної реєстрації даних.
11. Дротова, волоконно-оптична, електромагнітна, оптична системи передачі даних.
12. Тлумачення терміну «інтерфейс».
13. Сутність і прогресивність системи ISCIS.
14. Що дозволяє здійснити інтерфейс у логістичних системах?
15. Основна мета, особливість і фактори, що впливають на створення інтерфейсу логістичних систем.
16. Забезпечення ефективної комунікації «людина–ЕОМ–людина» при розробленні інтерфейсу логістичних систем.
17. Суть мережної системи організації інформаційних зв'язків, збирання й обробки даних.
18. Відмінність традиційних і логістичних інформаційних систем.
19. Освітити питання інтеграції логістичної інформаційної системи й організаційної структури керування підприємством.
20. Що дозволяє інтерфейс логістичних систем, інтегрований з організаційною структурою керування.
21. Організація сумісності інтерфейсу логістичних систем з організаційною структурою керування.
22. Наведіть приклади апаратного забезпечення техніки для обробки даних.
23. Наведіть приклади програмного забезпечення техніки для обробки даних.
24. Наведіть фази розробки програмного забезпечення .
25. Наведіть принципи відмінності звичайних інформаційних систем від систем реального часу.
26. Дайте визначення «Інформаційно-керуюча система».
27. Наведіть визначення «вбудована система» в царині обчислювальної техніки.
28. Наведіть кілька варіантів визначення «вбудована система».
29. Наведіть категорії вбудованих систем за призначенням.
30. Дайте визначення «розподіленої вбудованої системи».
31. Дайте визначення «системі керування на фіксованій програмі по програмувальному логічному контролеру» та «мікро-процесорній системі керування».

32. Наведіть структуру програмувального логічного контролера.

33. Апаратне забезпечення техніки виведення даних в інформаційних системах.

34. Програмне забезпечення при виведенні даних.

35. Техніка виведення даних у системі керування.

1.9. Приклади реалізації інформаційно-керуючих систем на кафедрі ПТМ і О НТУ «ХП» [5, 6, 7]

У світі розглянутої теми були поставлені завдання:

1) стабілізувати крутий момент трансмісійного вала механізму пересування крана;

2) забезпечити безперекісний рух крана під час прискорення, гальмування та сталого руху;

3) забезпечити заданий рівень максимальних навантажень в елементах трансмісії і металоконструкцій за рахунок стабілізації робочого тиску в гідросистемі при перехідних процесах;

4) забезпечити зменшення динамічних навантажень на елементи приводу і металоконструкцій за рахунок обмеження кута відхилення вантажного каната.

1.9.1. Вирішення складних інженерних задач для крана вантажопідйомністю 30/5 т з роздільним регульованим гідроприводом

– Вибір структурної схеми оптимального керування об'ємним гідроприводом

При побудові автоматичних схем керування однією з найважливіших задач є модулювання перехідних процесів.

Завдяки перевагам гідроприводу, найбільш перспективні рухливі промислові об'єкти, у тому числі і підйомно-транспортні машини проектуються і виготовляються з гідрофікованими механізмами. Однак, керування ними здійснюється в основному вручну за допомогою простих систем, що стежать. Розрахунок слідкуючих систем керування гідроприводом широко освітлений у літературі, але більшість користувачів користуються спрощеною лінійною моделлю, ставлячи мету одержання однієї з традиційних характеристик, що при вірному виборі корегувальних пристроїв

не залежить від характеристик силової частини. У цій моделі гідропривід представлено трьома односпрямованими ланками: електромеханічний перетворювач, гідропідсилювач і насос-гідромотор з навантаженням. При цьому вважається, що кутова швидкість гідроприводу Ω пропорційна куту повороту γ заслонки гідропідсилювача і не залежить від моменту M на валу гідромотора, що впливає тільки на тиск рідини P в робочій порожнині гідромотора.

Як показали дослідження динаміки гідроприводу, припущення лінійності й односпрямованості ланок гідроприводу справедливі при його роботі у сталому режимі, при обмеженому діапазоні швидкостей і постійному навантаженні. Це пов'язано з тим, що реальна продуктивність насоса буде менше номінальної через витoki і стискання робочої рідини, що залежать від тиску в робочій порожнині гідромотора. Зміна подачі насоса приводить до нелінійності швидкісної характеристики $\Omega(\gamma)$. Крім того, при роботі на "повзучих" швидкостях варто враховувати нелінійний характер моменту тертя і навіть зміни коефіцієнта жорсткості ϑ . При аналізі роботи об'ємного гідроприводу механічна характеристика $M(\Omega)$, виходячи з пропорційного зв'язку M і P , може бути замінена залежністю $\Omega(\gamma)$, що більш зручно, з огляду на простоту визначення Ω і P . Потужність, що віддається гідромотором при заданому куті γ , буде визначатися відповідними цьому куту швидкістю і тиском у робочій порожнині. Тому перевантажувальна здатність гідроприводу за потужністю дорівнює перевантажувальній здатності за моментом, яка обумовлена відношенням максимально припустимого тиску до номінального.

З вище сказаного випливає, що динамічні характеристики гідроприводу можна описати залежностями $\Omega(t)$ і $P(t)$, тобто

$$\Omega_x U(t) = \Omega(t) + \omega \left[\tau + \left(\vartheta + N_S(|P|) \right) S \right] P(t); \quad (1.1)$$

$$\omega P(t) = (H - J_S) \Omega(t) + N_H(\Omega) + M_S(t); \quad (1.2)$$

де $U(t)$ – безрозмірна координата входу ($-1 \leq U \leq +1$); $\Omega(t)$ – кутова швидкість гідромотора; Ω_x – кутова швидкість холостого

ходу; $P(t)$ – перепад тиску в робочій порожнині гідромотора; ω – характерний об’єм гідроприводу; τ і ϑ – коефіцієнти герметичності і жорсткості; H – коефіцієнт активного опору; J_S – приведений момент інерції; $M_S(t)$ – вплив, що збурює, на виході гідромотора; $N_H(\Omega)$ $N_S(|P|)$ – коефіцієнти, що враховують нелінійний характер моменту тертя і нелінійність ϑ жорсткості; t – час; s – оператор.

Важливість наведених залежностей $\Omega(t)$ і $P(t)$ стане більш очевидним при урахуванні специфіки роботи гідроприводу на рухливих промислових об’єктах. У НТУ «ХПІ» проведені великі теоретичні й експериментальні дослідження об’ємного гідроприводу механізму пересування мостового крана.

Теоретичний аналіз впливу різних законів зміни параметра регулювання $\gamma(t)$, зв’язаного з $U(t)$, на зусилля в трансмісійному валу й елементах металоконструкцій крана показав, що зміна $\gamma(t)$, необхідна для забезпечення оптимального закону руху об’єкта керування й оптимального закону зміни зусиль у ньому, має складний характер. Таку залежність $\gamma(t)$ неможливо забезпечити при ручному керуванні за допомогою простої слідкуючої системи.

Принципова складність полягає в тім, що характер зміни і величина навантажень на привід визначається законом зміни параметра γ і рухом вантажу щодо точки підвісу. Слід зазначити, що рух вантажу щодо точки підвісу об’єктивно властивий всім рухливим промисловим об’єктам, у яких значна маса закріплена на гнучкому підвісі. При будь-якій переміщенні об’єкта виникають повільно згасаючі коливання вантажу, які викликають не тільки змінні зусилля в об’єкті керування, але і різке зниження продуктивності роботи за рахунок збільшення часу, витраченого на заспокоєння вантажу.

Як показали теоретичні й експериментальні дослідження об’ємного гідроприводу механізму пересування, тиск у робочій порожнині гідромотора визначається зміною координати входу і реакцією об’єкта керування. Звичайно, вплив зовнішніх збурень вважається тільки негативним явищем. Однак, у випадку використання об’ємного гідроприводу на рухливих промислових об’єктах такий внутрішній зворотній зв’язок дозволяє, на наш погляд,

порівняно простими засобами усунути коливання зусиль в елементах об'єкта керування. Використовуючи автоматичну систему керування, у якій закон зміни вхідної координати приводу визначається не тільки необхідною швидкістю переміщення об'єкта, але і тиском у робочій порожнині, можна одержати перехідний процес. А залежність між тиском і зусиллями в об'єкті керування дозволяє вважати, що такий процес буде оптимальним з погляду зміни зусиль в елементах металоконструкції і руху вантажу.

Одна з загальних структурних схем автоматичної системи керування наведена на рис. 1.70.

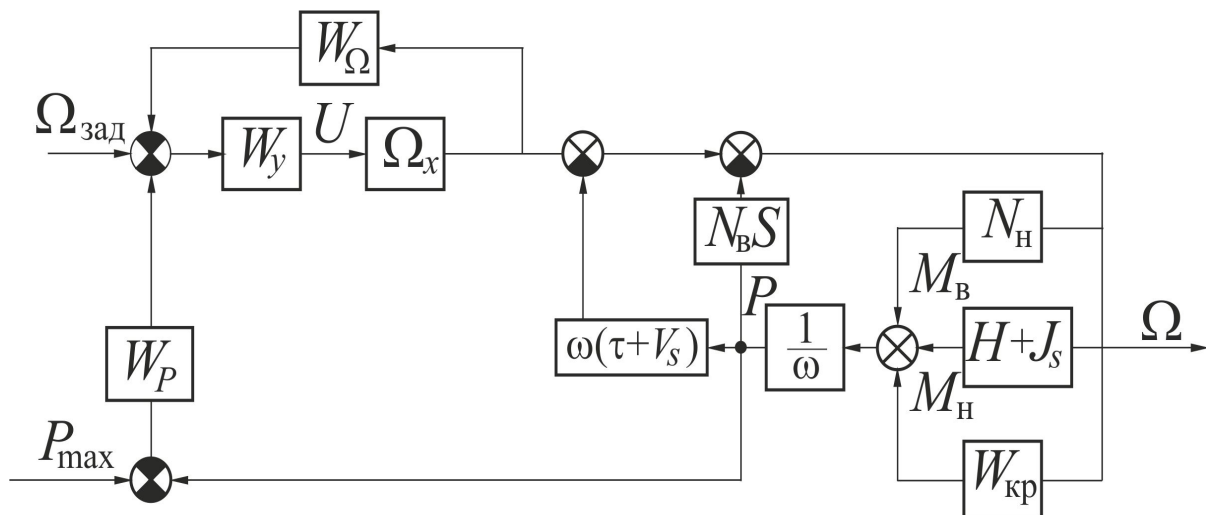


Рис. 1.70. Структурна схема автоматичної системи керування

У цій схемі враховані внутрішні зв'язки гідроприводів відповідно до рівнянь (1.1) і (1.2) і зовнішні зворотні зв'язки, створювані об'єктом керування і ланками зворотнього зв'язку за тиском і швидкістю з передатними характеристиками $W_{кр}$, W_P , W_Ω відповідно.

Необхідний закон зміни вхідної координати $u(t)$ реалізується керуючим пристроєм з передатною характеристикою W_y .

Наведена структурна схема відображає керування двомірним елементом-гідроприводом із двома вхідними координатами $u(t)$ і $M_s(t)$ і координатою виходу $\Omega(t)$ і $P(t)$. Остання координата є функціональною, тому що, по-перше, її значення – функція від $u(t)$ і $M_s(t)$, по-друге, значення P може обмежувати значення

$M_s + N_s$ і Ω за рахунок дії запобіжних клапанів або за рахунок реакції на орган регулювання.

Проведений аналіз і розглянута структурна схема дозволяють сформулювати вимоги до автоматичної системи оптимального керування: забезпечити досягнення заданої кутової швидкості Ω за мінімальний час з урахуванням обмежень, що накладаються на перепад тиску в робочій порожнині гідромотора P і на керуючий сигнал U , за умови, що після закінчення перехідних процесів в об'єкті керування, вантаж буде нерухомий відносно точки підвісу, тобто $\varphi = 0$, $\dot{\varphi} = 0$, $\ddot{\varphi} = 0$, де φ – кут відхилення вантажного каната від вертикалі. Розглянемо структурну схему керування роздільним гідрооб'ємним приводом.

Для використання загальних методів аналізу і синтезу систем автоматичного керування гідропривід з елементами системи керування подамо у вигляді структурної схеми на рис. 1.71.

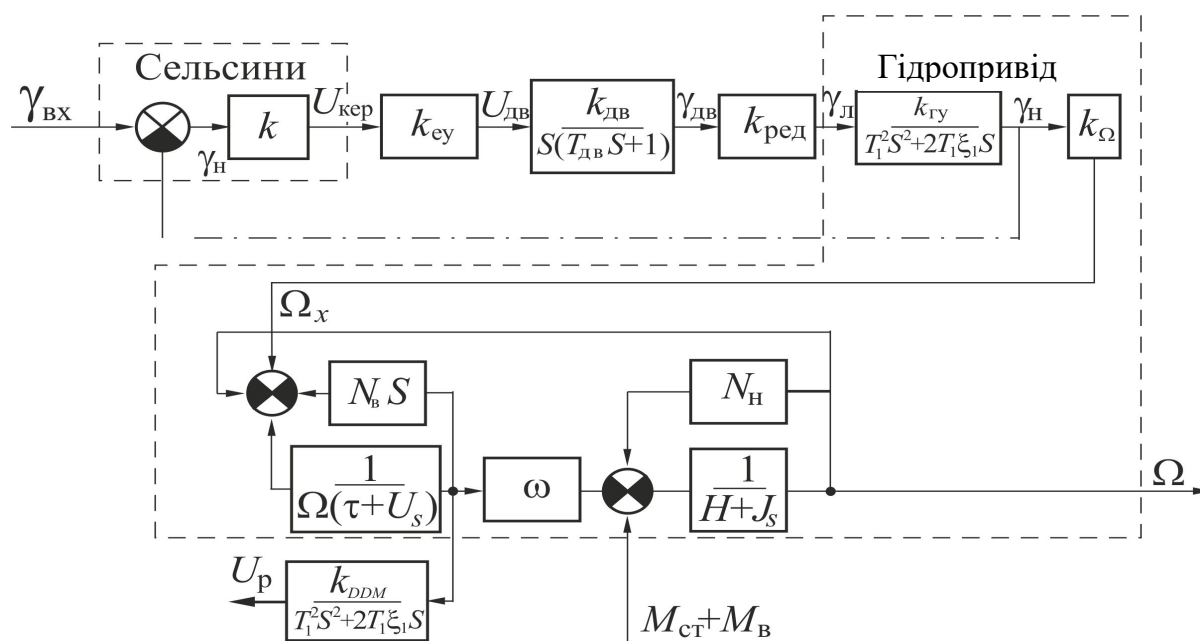


Рис. 1.71. Структурна схема гідроприводу з елементами системи керування

На схемі позначений: $\gamma_{\text{вх}}$ – вхідний параметр (кут повороту рукоятки керування); δ – кут неузгодженості; k – коефіцієнт пропорційності (кут неузгодженості в напрузі); $U_{\text{кер}} = k\delta$ – керуюча напруга; $k_{\text{еп}}$ – коефіцієнт зусилля електронного підсилювача;

$\frac{k_{\text{дв}}}{S(T_{\text{дв}}S + 1)}$ – передатна характеристика двигуна; $\gamma_{\text{дв}}$ – кут повороту двигуна; $k_{\text{ред}}$ – коефіцієнт передачі редуктора; $\gamma_{\text{л'}}$ – кут повороту колиски насоса; k_{Ω} – коефіцієнт пропорційності між кутом повороту шайби і швидкістю холостого ходу гідромотора; $N_{\epsilon}S$ – нелінійна складова тиску; ϖ – характерний обсяг гідромотора; τ – коефіцієнт герметичності; ϑ – коефіцієнт нелінійності; J – приведений момент інерції; H – коефіцієнт активного опору; $N_{\text{н}}$ – коефіцієнт нелінійності; $\frac{K_{DDM}}{T_2S^2 + 2T_{\xi}S + 1}$ – передатна функція сильфонного датчика тиску; S – оператор; $M_{\text{СТ}}$ – статичний момент опору пересуванню крана; M_{ϵ} – динамічна складова моменту опору.

Дана схема має високий порядок астатизму, і тому навіть найпростіша система, що стежить, при замиканні зворотного зв'язку є нестійко коливною.

Для забезпечення сталості і відповідності заданим параметрам якості системи керування гідроприводом потрібно одержати бажану передатну функцію розімкнутої системи, що стежить, з однієї з типових амплітудно-фазових характеристик. Основними методами забезпечення сталості і якості систем, що стежать, є:

- метод паралельних каналів;
- замикання місцевих зворотніх зв'язків;
- постановка корегувальних ланок.

Повна структурна схема системи керування наведена на рис. 1.72 (схема показана для одного приводу).

У схемі враховані внутрішні зворотні зв'язки крана, гідроприводу і зовнішні зворотні зв'язки системи керування. Подана схема показує взаємозв'язок перекоосу крана, тиску в гідроприводі, кута відхилення вантажного каната, швидкості обертання гідромотора і керуючого впливу $\gamma_{\text{н}}$.

параметри є незалежними, а перший – визначається швидкістю обертання гідромотора. Розглянута схема підтверджує можливість обмеження кута відхилення вантажу при переміщенні за рахунок зміни відповідним чином керуючого параметра γ_H . Зворотний зв'язок для керування $\gamma_H = f(\beta)$ заведений через W_{13} .

Таким чином, дана схема керування роздільним гідрооб'ємним приводом механізму пересування, що має внутрішні і зовнішні зворотні зв'язки за параметрами ϕ , P , β , γ , дозволяє вирішити поставлені завдання.

1.9.1.1. Стабілізація зусиль у валопроводах і метало-конструкції. Система керування гідростатичним регульованим низькомоментним приводом механізму пересування мостового крана призначена для обмеження і стабілізації зусиль у валопроводах і металоконструкції крана під час перехідних процесів і рівномірного ходу [5, 6, 7]. Основними елементами гідростатичного приводу є: асинхронний привідний електродвигун типу АО, регульований насос типу 11Д та низькомоментний гідродвигун типу 11М.

Блок-схема системи керування наведена на рис. 1.73.

Основними елементами керування є: ручка керування 1, на одній осі з якою розташований сельсин-датчик 2, 3 – сельсин-приймач, 4 – електронний підсилювач, 5 – реверсивний електродвигун, 6 – розподільний трансформатор, 7 – програмне лекало з роликом, 8 і 9 – датчики тиску, 10 – задатчик максимального зусилля, 11 – пристрій автоматичного керування, 12 і 13 – електронні ключі, 14 – операційний підсилювач, 15 – модулятор.

У вихідному стані ручка керування 1 знаходиться у вертикальному (за схемою) положенні, повзунки потенціометрів датчиків тиску 8 і 9 – у крайньому лівому положенні (при нейтральному положенні ручки керування тиск в обох трубопроводах є однаковий і мінімальний). Положення повзунка задавача максимального зусилля 10 визначається заданим робочим тиском, що пропорційний зусиллю, яке виникає у валопроводах механізму пересування або металоконструкції крана. Електронні ключі 12 і 13 – розімкнуті, напруга, що знімається з мостів ДДМ1 – R1 (8–10) і ДДМ2 – R2 (9–10) – позитивна.

Для визначеності опису роботи схеми будемо вважати, що тиск зростає у трубопроводі, вимірюваним датчиком тиску 8 (ДДМ1) і його повзунок переміщається вліво чи вправо (за схемою) пропорційно зусиллям у валопроводах металоконструкції крана. При цьому напруга, яка знімається з моста ДДМ1 – $R1$, буде зменшуватися. Коли напруга стане рівною нулю, тобто повзунок ДДМ1 займе таке ж положення, як і повзунок $R1$, тиск у трубопроводі стане рівним заданому, спрацює пристрій керування 11 і замкне ключ 12, дозволяючи проходження сигналу з моста ДДМ1 – $R1$ на модулятор 15 через операційний підсилювач 14. Операційний підсилювач 14 служить для посилення сигналів і перетворення їхньої полярності (сигнал, що йде через ключ 12, змінює свою полярність, а сигнал, що йде через ключ 13, – ні). Модулятор 15 перетворить постійну напругу в сигнал з частотою 50 Гц, фаза якого залежить від полярності напруги, що надходить від операційного підсилювача, а амплітуда – від величини напруги.

Таким чином, при тиску в системі, рівному заданому (зусилля у валопроводі), на виході модулятора 15 сигнал буде відсутній і реверсивний двигун 5 буде відпрацьовувати тільки сигнал, одержаний від ручки керування (сельсина-датчика 2). Оскільки ключ 12 замкнутий, то всяка зміна тиску у трубопроводі, тобто положення повзуна ДДМ (зусилля у валопроводах) приведе до появи на виході модулятора 15 сигналу, що, алгебраїчно складаючись із сигналом від ручки керування 1 на вході електронного підсилювача 4, буде обертати двигун 5 таким чином, щоб при зростанні тиску в трубопроводі (зусиль у валопроводах або металоконструкції) кран пригальмувався, а при зменшенні – розганявся б швидше. Зусилля буде підтримуватися на заданому рівні. Процес буде продовжуватися весь період розгону.

Під час рівномірного ходу, навантаження у валопроводах і металоконструкції зменшаться. Система на час рівномірного ходу відключається. Відбувається це в такій послідовності: досягнення краном заданої швидкості визначається зменшенням кута неузгодженості між сельсином-датчиком 2 і сельсином-приймачем 3 до нуля, тобто момент, коли сигнал на вході сельсина-приймача 3 стане рівним нулю. Сигнал надходить на пристрій керування 11, останній розмикає ключ 12, і схема перестає реагувати на

зменшення зусиль в елементах крана. При гальмуванні крана всі описані процеси повторюються тільки після замикання ключа; збільшення тиску в трубопроводі (зусиль у конструкції крана) викликає зменшення інтенсивності гальмування, а зменшення тиску – збільшення інтенсивності.

1.9.1.2. Обмеження кута відхилення вантажного каната.
Система керування призначена для обмеження кута відхилення вантажного каната і гасіння коливань вантажу при керуванні механізмом пересування мостового крана з регульованим гідростатичним приводом [8, 9].

Блок-схема системи керування наведена на рис 1.74.

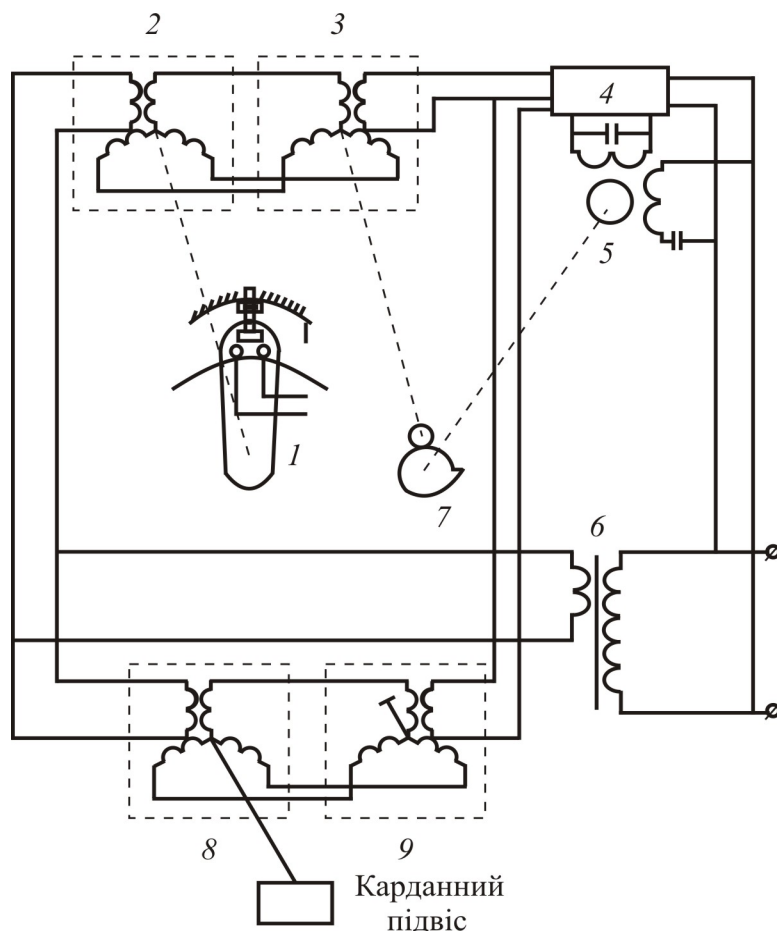


Рис. 1.74. Схема керування гідроприводом з обмеженням кута відхилення вантажного каната

Основні елементи: ручка керування 1, сельсин-датчик 2, сельсин-приймач 3, електронний підсилювач 4, реверсивний електродвигун 5, розподільний трансформатор 6, програмне

лекало з роликом 7, сельсин-датчик 8 і сельсин-приймач 9. Сельсини 8 і 9 призначені для перетворення кута відхилення вантажного каната в сигнали керування реверсним двигуном 5. Вісь сельсина-датчика 8 через карданний підвіс механічно пов'язана з канатом, вісь сельсина-приймача 9 – нерухома.

У початковому стані, коли вантажний канат займає вертикальне положення, кут неузгодженості між сельсинами 8 і 9 дорівнює нулю. Отже, відсутній і подальший сигнал для реверсивного двигуна 5. Регулювання кута неузгодженості здійснюється поворотом осі сельсина-приймача 9 у гальмівних колодках.

При відхиленні вантажного каната від вертикалі вісь сельсина-датчика 8 повертається через карданний підвіс. При цьому з'являється кут розбіжності між сельсинами 8 і 9, і, отже, на вході підсилювача 4 – додатковий сигнал керування, фаза якого залежить від напрямку відхилення вантажного каната від вертикалі, а амплітуда пропорційна величині цього кута.

При повороті ручки керування 1 повертається вісь сельсина-датчика 2 і на вході підсилювача 4 з'являється сигнал, фаза якого залежить від напрямку, а амплітуда – від розміру кута неузгодженості між сельсинами 2 і 3. Кран починає рух у напрямку, заданому ручкою керування, а вантаж за рахунок сили інерції відстає від крана. При відсутності обмеження кута відхилення вантажного каната, вантаж відхиляється на значний кут, що приводить в остаточному підсумку до коливань вантажу. При роботі схеми відхилення вантажу викликає появу додаткового сигналу за рахунок неузгодженості сельсинів 8 і 9, що алгебраїчно сумуючись із сигналом, одержуваним за рахунок неузгодженості сельсинів 2 і 3, загальмовує рух крана, примушуючи вантаж "доганяти" кран, таким чином, щоб кут відхилення каната був менше заданого. Якщо вантаж робить коливальні рухи, то через деякий час він "обжене" кран, при цьому сигнал керування від сельсинів 8 і 9 поміняє свою фазу і, алгебраїчно сумуючись із сигналом від сельсинів 2 і 3, прискорить рух крана, змушуючи його "доганяти" вантаж. Це приводить до ефекту механічного демпфірування, тому що швидкість крана буде змінюватися щодо середнього значення синхронно з коливаннями вантажу. Коливання вантажу припиняються. Кран рухається в напрямку зі швидкістю, заданою ручкою керування 1 без коливань вантажу.

Аналогічно відбувається процес при гальмуванні крана, який починає гальмування за сигналом від ручки керування, вантаж випереджає кран, але сигнал від сельсинів 2 і 3 змушує кран «доганяти» вантаж, не дозволяючи збільшувати кут відхилення вантажного каната від вертикалі.

Якщо при зупиненні крана (рукоятка у початковому положенні) вантаж робить коливання, то сигнал неузгодженості, отриманий від сельсинів 8 і 9, подається на реверсивний двигун 5, що, впливаючи на насос, змушує кран рухатися в той бік, куди відхиляється вантаж: це приводить до зменшення кута відхилення вантажного каната, тобто кран відслідковує коливання вантажу. Це обумовлює швидке гасіння коливань вантажу на гнучкому підвісі.

1.9.1.3. Запобігання кінематичних перекосів кранів. Схема при-значена для усунення перекосів у плані мостових кранів, обладнаних роздільними регульованими гідростатичними приводами механізму пересування [10].

Блок-схема системи керування наведена на рис. 1.75.

Ротори сельсинів-датчиків 2 і 21 розташовані на одній осі з рукояткою керування 17, що задає швидкість і напрямок руху крана в цілому, а ротори сельсинів-датчиків 1 і 20 – на осі з важелем 15, що встановлюються з внутрішнього боку підкранової рамки. Важіль притискається за допомогою пружини 16 до голівки підкранової рейки 13, ролика 14, що при своєму русі відслідковує усі відхилення крана від положення, при якому кран у плані перпендикулярний підкрановій рейці.

Сельсин-трансформатор встановлений на корпусах насосів. Ротори сельсинів 4 і 8 зафіксовані, а ротори сельсинів 3 і 7 зв'язані з програмним лекалом 11, який закріплено на валу силового керування відповідних насосів за допомогою роликів 12. Програмні лекала забезпечують синхронне обертання двох гідромоторів, навіть з різними швидкісними характеристиками.

Керуючі напруги від статорів сельсинів-трансформаторів подаються на вхід підсилювачів 5 і 9. Статорні обмотки сельсин-датчиків і обмотки збудження серводвигунів 6 і 10 живляться від трансформатора. Обмотки керування серводвигунів підключені до виходу підсилювачів.

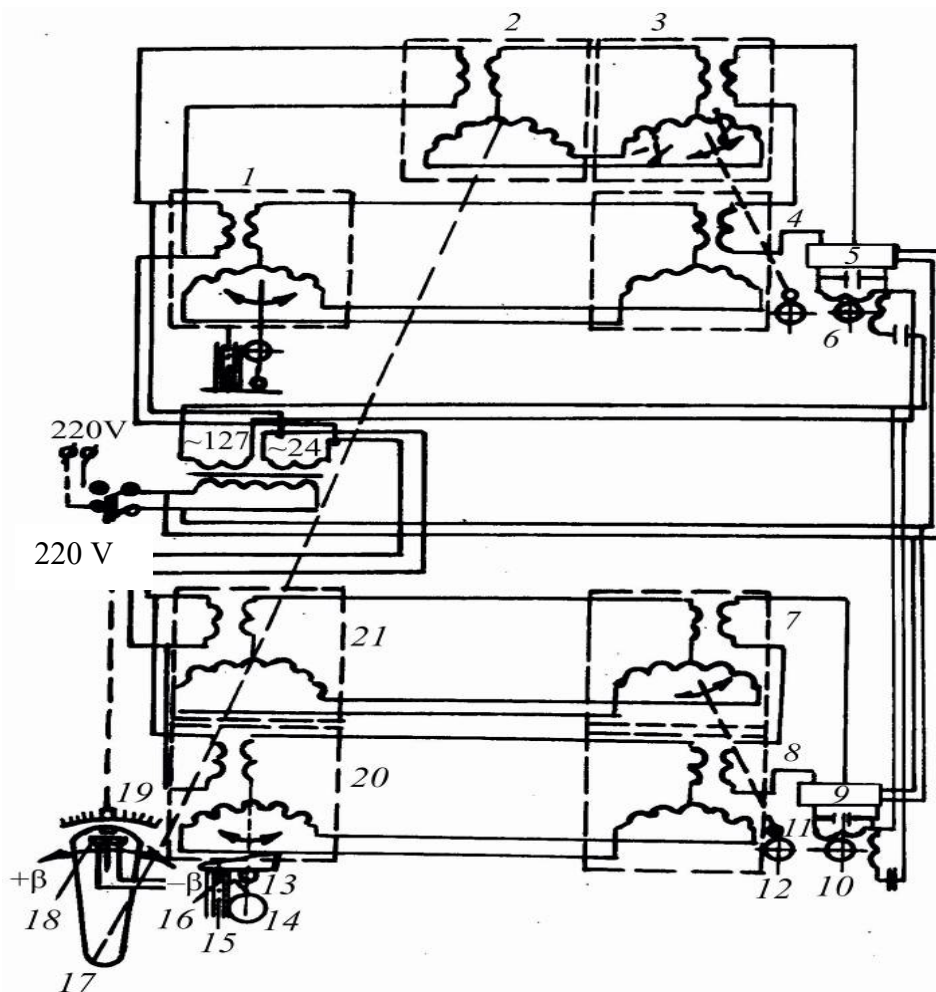


Рис. 1.75. Блок-схема системи керування для запобігання й усунення кінематичних перекосів

Рукоятка керування 17 із засувкою 19 розташована співвісно з кнопкою 18 для замикання контактів, зв'язаних з пусками приводних електродвигунів, і може повертатися на кут β тільки після утоплення засувки, що натискає на кнопку.

Напруги, які подаються на вхід підсилювачів зі статорних обмоток сельсінів-трансформаторів, є функціями трьох кутів: β – положення рукоятки керування; φ – положення моста крана у плані щодо підкранової рейки; γ – відхилення ротора сельсина-трансформатора від нульового положення.

Якщо кран розташований перпендикулярно підкрановій рейці і кут повороту рукоятки керування дорівнює нулю, то система знаходиться у вихідному положенні ($\beta - \gamma = 0$, $\varphi = 0$) і на вхід

підсилювачів не подаються керуючі напруги. Кран знаходиться в нерухомому стані.

Якщо кран у вихідному положенні перекошений ($\varphi \neq 0$) то сельсини-датчики 1 і 20 мають протифазні (відносно один одного) керуючі впливи, які підсилюються і подаються в обмотки керування серводвигунів. Серводвигуни повертають колиски насосів в один бік від нульового положення, що викликає обертання вала гідромотора (привідних ходових коліс) у протилежний бік ($\varphi \rightarrow 0$). Кран займає положення, перпендикулярне підкрановій рейці.

При повороті рукоятки керування на кут β на цей же кут повертаються і ротори сельсинів-датчиків 2 і 21. На вході підсилювачів виникають керуючі синфазні напруги, пропорційні куту неузгодженості $\beta - \gamma$, що підсилюються і подаються в обмотки керування серводвигунів.

Вони повертають колиски насосів у протилежні сторони, що викликає обертання валів гідромоторів (привідних ходових коліс) в один бік. Кран починає рухатися в заданому напрямку з необхідною швидкістю.

Якщо в процесі розгону з'являється перекіс крана, сельсини-датчики 1 і 20 виробляють додаткові напруги неузгодженості. Керуючі напруги, які підводяться до виконавчих серводвигунів, будуть являти собою алгебраїчну суму напруг, пропорційних кутам неузгодженості $\beta - \gamma$ перекосу крана в плані φ . Напруга, яка підводиться до одного виконавчого двигуна, зростає, а що до іншого – зменшується, що приводить до збільшення швидкості обертання привідних ходових коліс, з одного боку, і зменшенню – з іншого. Перекіс моста крана усувається.

У процесі рівномірного ходу $\beta - \gamma = 0$ й усунення перекосу відбувається аналогічно розглянутому випадку при нерухомому крані.

Застосування сельсинів-датчиків, установлених на протилежних сторонах кінцевої балки з одного боку крана, як датчиків положення моста крана в плані щодо підкранової рейки, виключає можливість заклинювання крана, наїзду реборд ходових коліс на підкранові рейки і зменшує знос ходових коліс.

1.9.2. Будова автоматизованих систем керування

1.9.2.1. Система автоматизованого керування механізмом пересування мостового крана з роздільним об'ємним гідроприводом [4].

На рис. 1.76 подана функціональна схема керування гідроприводами механізму пересування. Ця система керування вирішує одночасно такі три задачі:

1. Забезпечує безперекісний рух крана під час розгону, гальмування і рівномірного ходу.

2. Забезпечує заданий рівень максимальних навантажень в елементах трансмісії і металоконструкції завдяки стабілізації робочого тиску в гідросистемі при перехідних процесах.

3. Обумовлює зменшення динамічних навантажень на елементи приводу і металоконструкції за рахунок обмеження кута відхилення вантажного каната, обмежує розгойдування вантажу під час роботи крана і гасіння коливань вантажного каната після зупинки крана.

Для рішення першої задачі система керування комплектується датчиками положення моста в плані, важелі яких зв'язані з диференціальними сельсинами ДС. Якщо кран починає перекошуватися в плані, то через диференціальні сельсини ДС на підсилювачі електронні ЕУ 1,2 (через фазові дискримінатори ФД 1,2 підсилювачі керування УУ 1,2 і модулятори 1,2) надходить додатковий сигнал – посилений чи ослаблений – на серводвигуни, які керують продуктивністю насосів.

Таким чином, забезпечується зворотній зв'язок між положенням моста крана в плані і частотою обертання гідромоторів: кутова швидкість обертання привідних коліс сторони, що забігає, зменшується, а відстаючої – збільшується, що в остаточному підсумку приводить до беззупинного керування траєкторією руху крана в плані.

Це приводить до раціонального використання ресурсу гідромашини, істотно подовжує термін служби металоконструкції крана, знижує до необхідного припустимого рівня динамічні навантаження в елементах трансмісії і металоконструкції.

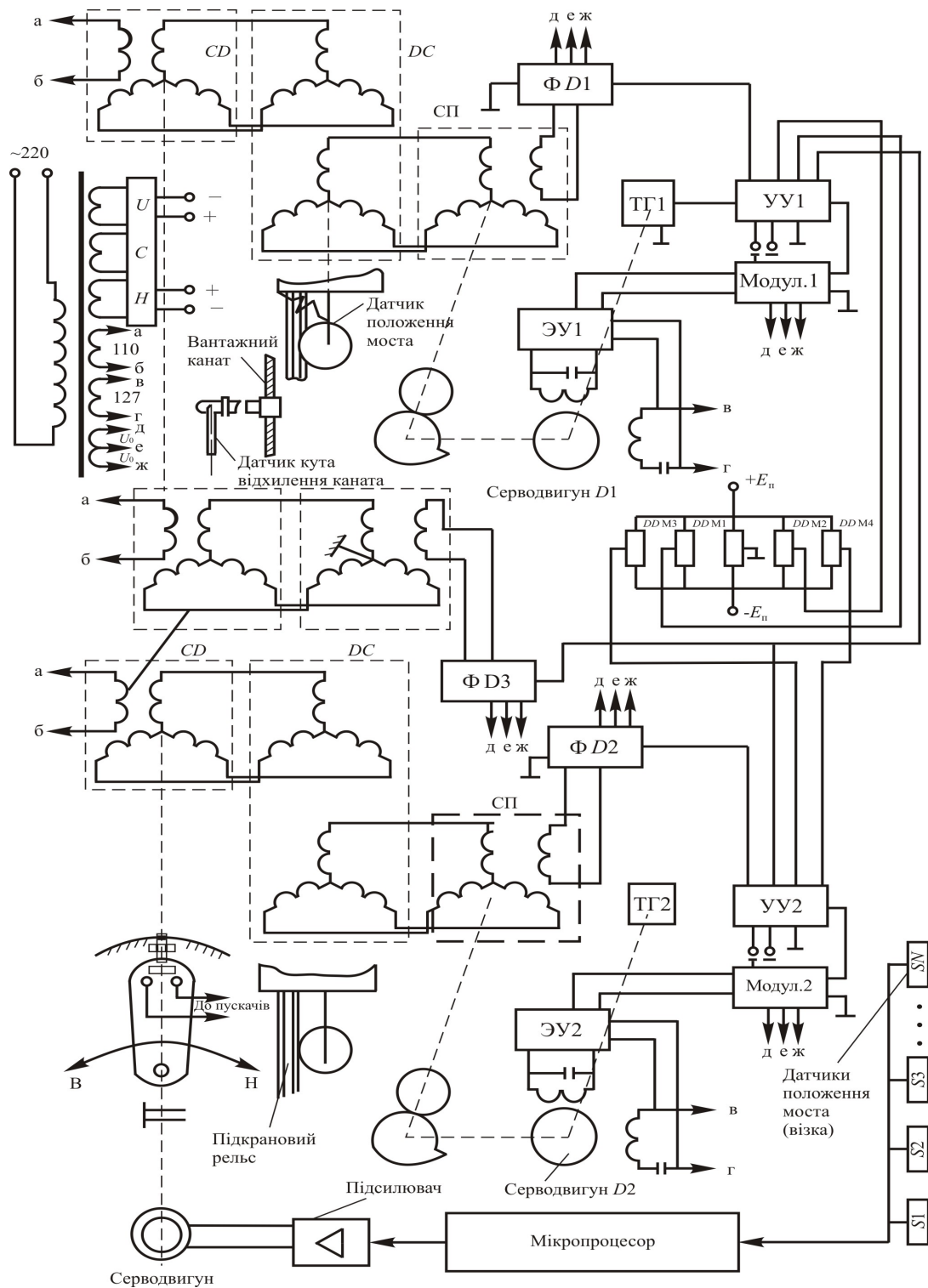


Рис. 1.76. Функціональна схема керування гідроприводами механізму пересування, що забезпечує стабілізацію крутних моментів у валопроводі механізму пересування, мінімізує кути перекосу мостового крана в плані, обмежує кути відхилення вантажного каната

Для рішення третьої задачі система керування обладнана датчиком кута відхилення вантажного каната, що за допомогою важельної передачі повертає ротор сельсина-датчика СД. При

цьому виникає сигнал неузгодженості в системі сельсин–датчик–сельсин–приймач (СП). Цей сигнал підсилюється в підсилювачах обох приводів і подається на обмотку серводвигунів, змінюючи тим самим кут нахилу колиски насоса, і отже, швидкість обертання вихідних валів гідромоторів. У такий спосіб здійснюється зв'язок між відхиленням вантажного каната і швидкістю пересування крана, що забезпечує не тільки заданий припустимий кут відхилення вантажного каната, а отже, і динамічні навантаження від розгойдування вантажу на елементи приводу і металоконструкції, але й загасання коливань вантажу після зупинки крана.

Для забезпечення автоматичного програмного керування пересуванням крана в систему введений мікропроцесор (чи програмувальний мікроконтролер), додатковий серводвигун з підсилювачем і набір дискретних датчиків положення моста у прольоті $S_1 - S_n$. Виходи датчиків підключені до дискретних входів мікропроцесора. Вал серводвигуна з'єднаний рукояткою керування В-Н. Підсилювач служить для перетворення дискретних сигналів керування мікропроцесора в керуючу напругу серводвигуна. Така компоновка дозволяє здійснювати як ручне, так і автоматичне керування краном без зміни схеми керування гідроприводами. Завдяки тому, що в автоматичному режимі роботи завдання на пересування крана подається через той же керуючий орган, що й у ручному режимі, для переходу з одного режиму в інший не потрібно ніяких переключень. В автоматичному програмному режимі керування краном мікропроцесор за допомогою датчиків положення (моста і візка) визначає поточне положення (координати) точки підвісу вантажу, зрівнює його з заданими координатами кінцевої точки переміщення і після обробки результатів виміру виробляє керуючий сигнал завдання швидкості крана.

Цей сигнал підсилюється і приводить в обертання додатковий серводвигун, що у свою чергу повертає рукоятку керування. У такий спосіб у процесі пересування крана мікропроцесор керує швидкістю і прискоренням крана за заданою програмою. При цьому пройдений шлях постійно контролюється мікропроцесором за допомогою датчиків положення моста.

На рис. 1.77 наведена фотографія розташування на насосі ПД№5 елементів системи керування (рис. 1.76) на крані вантажо-підйомністю 30/5 т.

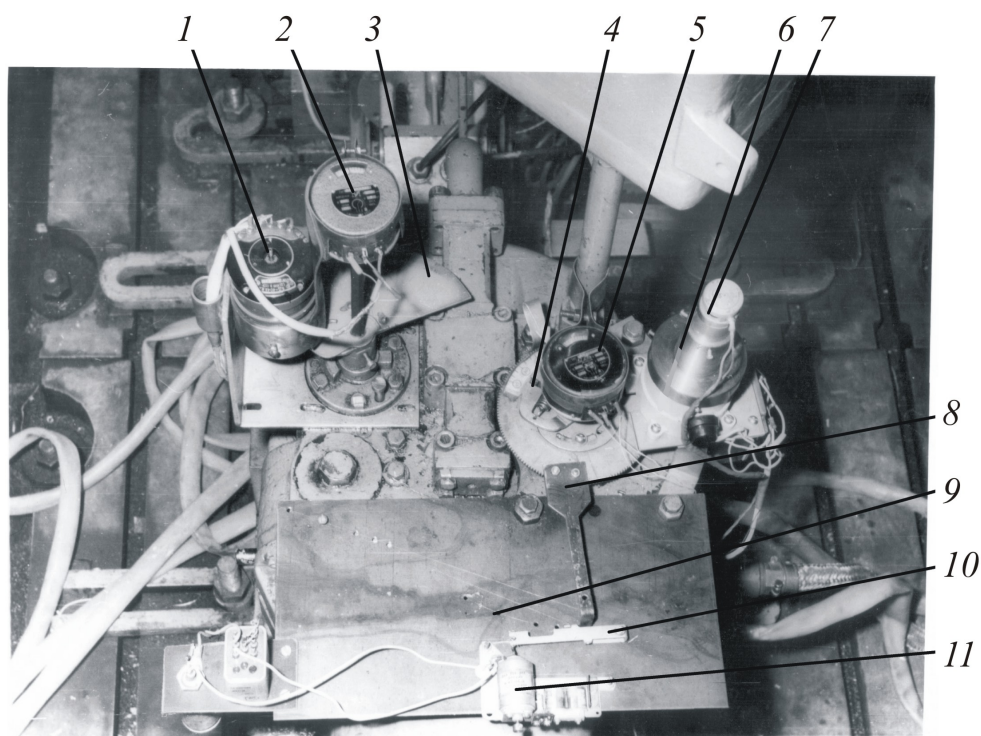


Рис. 1.77. Установка елементів керування і контролю на гідронасосі:
 1 – сельсин-приймач; 2 – датчик кута повороту вала силового керування;
 3 – лекало; 4 – нуль-установлювач; 5 – датчик кута повороту люльки насоса;
 6 – виконавчий реверсивний двигун; 7 – тахогенератор зворотного зв'язку;
 8 – важіль; 9 – упори; 10 – щеколда; 11 – електромагніт

1.9.3. Розробка оптимального за швидкістю керування вантажопідйомними машинами (метод фазової площини)

Для того щоб без збоїв найкращим чином працювала інформаційно-керуюча система, потрібно в її основі мати оптимальне за швидкодією керування і при цьому повинні витримуватись необхідні обмеження за рушійним і гальмівним зусиллям, за кутом відхилення вантажного каната, за швидкістю і т.ін. Цьому питанню присвячено багато напрацювань як вітчизняних, так і закордонних вчених. Нижче наведений оригінальний спосіб оптимального керування кранами, які в подальшому набув терміну «метод фазової площини» і який висвітлений у роботах [11–14], що відзначаються високим індексом Хірша.

Гнучкий підвіс вантажу є фактором, який істотно ускладнює керування вантажопідйомною машиною і призводить до значних втрат часу, швидкому втомі кранівника при інтенсивному

перевантаженні масових навалочних вантажів, укладанні бетону і т.ін [15]. При цьому нерідко виникають аварійні ситуації.

Кут відхилу вантажного каната від вертикалі у звичайних умовах роботи не перевищує 8° , але можуть бути випадки, коли він сягає 17° , що залежить від різних факторів, але, в першу чергу, від динамічних характеристик приводу і фазового положення вантажу відносно точки підвісу перед початком розгону або гальмування. Як правило, в реальних умовах експлуатації кранів необхідна висока точність позиціювання вантажу: вагон, трюм судна або бункер. Тому його розкачування у кінці руху допустимо у обмежених границях: 5–10 см, а для металургійних кранів – 3–5 см.

Досвідчений кранівник досить успішно гасить коливання вантажу в заданому місці шляхом чередування команд на гальмування і розгін візка крана. Однак при ручному керуванні не вдається звести до мінімуму втрати часу на заспокоєння вантажу і точне позиціювання.

Задача отримання оптимальних за швидкодією режимів керування рухом і реалізація їх на крані за допомогою автоматичних засобів досить актуальна. В загальному вигляді вона формулюється таким чином: необхідно отримати режим керування рухом механізму вантажопідйомної машини, при якому вантаж переміститься в задану точку простору без коливань після завершення циклу за мінімальний час при виконанні заданих обмежень на кінематичні характеристики руху і енергетичні витрати.

Найбільш простий режим керування базується на розв'язуванні диференціальних рівнянь, що описують рух математичного маятника, коли точка підвісу (візок, кран) здійснює рівноприскорений прямолінійний рух. Якщо припустити, що вантаж перед початком руху не здійснює коливань, то для усунення розкачування вантажу необхідно, щоб точка підвісу на етапах прискорення і гальмування переміщалась з постійним прискоренням a протягом часу, рівного або кратного періоду власних коливань маятника (рис. 1.78, a). Тривалість етапу сталого руху визначається відстанню, на яку має переміститись візок (міст).

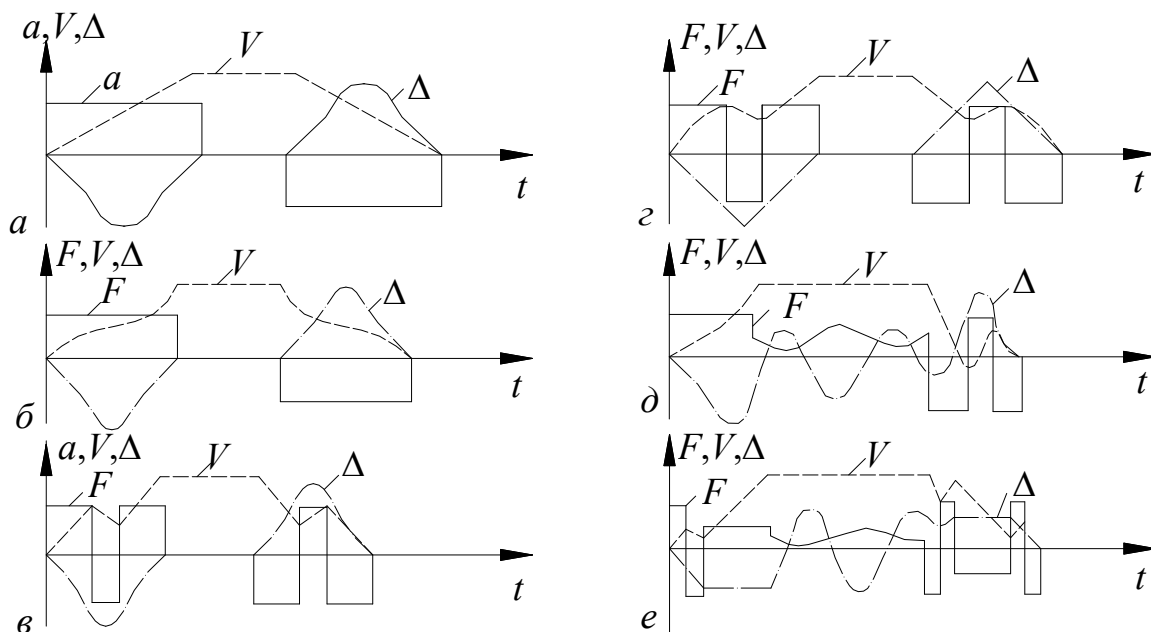


Рис. 1.78. Графіки перехідних процесів при різних режимах керування: *а* – керування за періодом коливань; *б* – керування за рушійним зусиллям; *в* – триступеневий закон керування за зусиллям; *г* – триступеневий режим керування за рушійним зусиллям; *д* – режим керування без обмеження на кут відхилення каната; *е* – режим керування з обмеженням на кут відхилення каната; *F* – рушійне зусилля; *V* – швидкість візка; Δ – відхилення вантажу; *a* – прискорення візка

Такий спосіб керування має ряд недоліків. Він не оптимальний за швидкодією, тому що час періодів розгону і гальмування фактично визначається довжиною підвісу вантажу і чим вона більша, тим значніші витрати часу на перехідних етапах. Не дозволяється суміщення на перехідних етапах переміщення візка з підйомом або опусканням вантажу, тому що довжина підвісу вантажу на цих етапах повинна бути постійною. Для забезпечення постійного прискорення візка на ділянках пуску і гальмування необхідно обладнати кран складним і дорогим приводом, наприклад, частотним або гідрооб'ємним.

Однак спосіб керування рухом за періодом власних коливань вантажу завдяки своїй простоті отримав широке застосування. Він використовується на грейферних перевантажувачах фірми «Krupp» (Німеччина), обладнаних автоматичними пристроями керування.

Отримав розповсюдження ще один досить простий спосіб гасіння коливань вантажу, в якому за параметр керування вико-

ристовується рушійне зусилля F (рис. 1.78, б). Суть цього способу полягає в тому, що до візка (моста) на стадії розгону або гальмування необхідно прикласти постійне рушійне (гальмівне) зусилля протягом певного інтервалу часу

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot \frac{l}{g}},$$

де T – час розгону або гальмування; m_1, m_2 – маси відповідно візка (моста) і вантажу; l – довжина підвісу вантажу; g – прискорення вільного падіння.

Цей спосіб керування рухом дає деякий виграш у часі порівнянно з попереднім, тому що період T залежить від співвідношення мас m_1 і m_2 . Однак його також неможливо вважати оптимальним за швидкодією і всі недоліки попереднього способу керування за періодом коливань також присутні і в цьому способі.

З розглянутих прикладів видно, що якість керування рухом у значній мірі залежить від того, який фізичний параметр вибрано за керуючий.

Якщо параметром керування служить швидкість точки підвісу, то вдається отримати математично точне аналітичне розв'язування задачі оптимального керування рухом за допомогою принципу максимуму Л.С. Понтрягіна. Оптимальний режим зміни швидкості точки підвісу на перехідних етапах являє собою релейну кусково-постійну функцію, з мінімальним числом ділянок, яке дорівнює трьом. Оскільки будь-яке матеріальне тіло не може змінювати свою швидкість стрибкоподібно, то отримані режими руху мають обмежене практичне застосування і можуть бути використані з деяким відхиленням від оптимальних режимів. Такі режими можуть бути використані, наприклад, для легких талів, у яких час розгону до номінальної швидкості малий в порівнянні з періодом власних коливань вантажу.

Якщо за параметр керування вибирається прискорення точки підвісу, то можна отримати нескладне аналітичне розв'язування і оптимальний режим керування рухом являє собою кусково-постійну функцію з трьома ділянками постійних значень прискорень (рис. 1.78, в). Цей режим керування рухом отримав широке розповсюдження і реалізований у США і Японії на

кранах, які обладнані тиристорними приводами. До недоліків цього способу керування рухом необхідно віднести неможливість урахування впливу коливань вантажу на рух візка, які допомагають руху візка, коли вантаж знаходиться попереду візка, і виконують гальмівну дію, коли вантаж знаходиться позаду візка. Цей вплив тим більший, чим більше співвідношення мас вантажу і візка. При цьому має місце або нераціональне використання потужності приводу (недовантаження), або його перевантаження. В цьому випадку існують значні резерви подальшого скорочення тривалості перехідних процесів.

За параметр керування може бути вибрано рушійне зусилля, величина якого обмежена можливостями приводу. Щоб досягти максимальної швидкодії, значення рушійного зусилля вибирають максимально допустимим. У двомасовій динамічній моделі крана безпосередньо враховується вплив коливань вантажу на рух візка. В результаті цього в будь-який момент часу візок рухається зі змінним прискоренням, яке залежить від співвідношення трьох силових факторів, діючих на візок: рушійного зусилля зі сторони приводу, опору переміщенню візка і зусилля зі сторони вантажу. Отриманий при розв'язуванні оптимізаційної задачі режим керування, як і в попередніх випадках, – трьохступеневий (рис. 1.78, з), але час перехідних процесів в останньому режимі менший. Хоча і цей режим керування рухом не є граничним з позицій швидкодії. Це пояснюється тим, що у всіх розглянутих режимах керування рухом гасіння коливань вантажу проходить на стадії розгону. Досвід експлуатації кранів показує, що кваліфікований кранівник не витрачає часу на усунення розкачування вантажу на стадії розгону, а позбавляється його на кінцевій фазі циклу, тому його швидкодії вище, ніж у розглянутих способах керування.

Тому постає актуальною задача отримання оптимального режиму керування без попереднього усунення коливань вантажу при розгоні, тобто оптимальний режим гальмування при будь-якому початковому (на початку гальмування) положенні вантажу відносно візка. В цьому випадку візок розганяється найшвидше (рис. 1.78, д), а на етапі сталого руху вантаж здійснює вільні коливання, які гасяться на ділянці гальмування в три етапи. Тривалість цих етапів залежить в основному від початкового фазового стану вантажу відносно візка. При переміщенні візка на

різні відстані система буде мати різні оптимальні режими керування рухом. Характерна особливість цього способу керування рухом полягає в тому, що тривалість перехідних процесів жорстко не пов'язана з довжиною підвісу вантажу. Режим керування при значній довжині підвісу (до 100 м і більше) за тривалістю незначно відрізняється від режиму керування, отриманого для незначної довжини підвісу при всіх інших рівних умовах.

Якщо співставити даний спосіб керування, наприклад, з керуванням за періодом коливань, то можна встановити, що тривалість перехідних процесів при значній довжині підвісу вантажу скорочується у три-чотири рази. Можливий випадок, коли візок на деякій фазі гальмування починає рухатись у зворотному напрямку, але і при цьому досягається максимально можливе скорочення тривалості циклу. Значним фактором є і те, що найвища продуктивність досягається при мінімальній кількості перемикань, що збільшує термін служби електрообладнання і механізмів крана.

Розв'язується задача оптимізації керування рухом і в більш складній постановці при накладенні обмежень на величину відхилення вантажу від вертикалі (рис. 1.78, е). Ця задача актуальна при транспортуванні вибухонебезпечних, розплавлених металів, крихких матеріалів або зріджених газів, а також при значній довжині підвісу, коли можливі значні відхилення вантажу від положення рівноваги, що небезпечно.

Оптимальні режими керування рухом відрізняються залежно від величини максимально допустимого відхилення вантажу. Якщо допустиме відхилення коливань вантажу менше амплітуди вимушених коливань двомасової моделі, то рух проходить наступним чином. На стадії розгону вантаж виводиться на максимально допустиме відхилення і розгін візка проходить з відхиленням вантажем. Після досягнення візком номінальної швидкості починається етап сталого руху з коливанням вантажу, відхилення якого від положення рівноваги не перевищує заданої величини. На стадії гальмування вантаж також утримується у відхиленому стані розрахунковою силою. При розгоні вантаж утримується позаду візка, а при гальмуванні – попереду його. Весь перевантажувальний цикл складається з дев'яти етапів і це також мінімальне число для даної постановки задачі. Якщо задане обмеження на величину відхилення вантажу більше амплітуди вимушених коливань

двомасової системи «візок – вантаж», то режим керування рухом змінюється, тому що не має ділянок з утриманням вантажу у відхиленому стані, хоча загальне число етапів залишається таким же, як у попередньому випадку.

1.9.3.1. Вибір параметра керування та динамічної і математичної моделей.

Практично у всіх відомих роботах як керуюче зусилля вибирається один з трьох параметрів: швидкість візка, прискорення візка або рушійне зусилля. Тут і в подальшому під візком розумітимемо не тільки вантажний візок мостового крана або перевантажувача, але і сам кран, тобто той механізм, який в даному випадку визначає переміщення точки підвісу вантажу.

Проаналізуємо, вибір якого з цих параметрів як керуючого є оптимальним.

Як показали дослідження Ф.Л. Черноуська та ін., де керуючим параметром у багатьох постановках була швидкість візка, оптимальний закон керування, а саме закон зміни швидкості візка представляє собою кусково-постійну функцію, що робить цей закон практично нездійсненним на реальному крані з традиційним типом асинхронного приводу. Тому вибирати швидкість візка за параметр керування в задачі максимальної швидкодії для мостових грейферних кранів і кранів загального призначення зі ступеневим керуванням швидкості неможливо.

Порівнюючи два інших параметри – прискорення візка і рушійне зусилля – необхідно відзначити, що для крана з жорстким підвісом вантажу ці параметри лінійно взаємозалежні і немає значення, який з них приймати за параметр керування. Для гнучкого підвісу вантажу прискорення візка залежить не тільки від рушійного зусилля, але і від взаємодії з вантажем, яка змінюється залежно від фазового положення вантажу та співвідношення мас візка і вантажу.

Якщо параметром керування взяти прискорення візка, то, як довели дослідження багатьох авторів, для максимальної швидкодії прискорення візка має бути сталим і максимально допустимим на кожному етапі незалежно від фазового положення вантажу. При такому підході вплив вантажу на швидкість візка не беруть до уваги. Насправді дія вантажу приводить до гальмування або прискореного руху візка. З огляду на це постає проблема раціонального вибору значення максимально допустимого прискорення візка, так у першому випадку слід збільшувати максимальне прискорення, а в другому – зменшувати його гра-

ничне значення. У будь-якому випадку виникає або перевантаження приводу, або нераціональне використання його можливостей. Отриманий таким чином режим керування рухом не може дати максимально можливого скорочення тривалості перевантажувального циклу. Крім того, для реалізації сталого прискорення кран повинен бути обладнаний спеціальним регулюючим приводом.

Доцільним є розв'язування задачі оптимального керування рухом, коли за параметр керування беруть рушійне зусилля. Це зусилля також обмежується, але воно має більш природний характер, ніж обмеження прискорення візка. Воно визначається потужністю приводу, умовами зчеплення ходових коліс з рейками і вимогами міцності. Отже, швидкість і прискорення візка змінюватимуться залежно від рушійного зусилля та взаємодії візка і вантажу. Це безумовно ускладнює розв'язування поставлених задач, але режим керування рухом, який буде отримано, можна вважати оптимальним з позицій швидкодії.

Тепер розглянемо двомасову модель крана (рис. 1.79), яка складається з візка масою m_1 і вантажу масою m_2 , підвішеного на гнучкому канаті довжиною l . На візок діє рушійне зусилля $F(t)$ і зусилля статичного опору W .

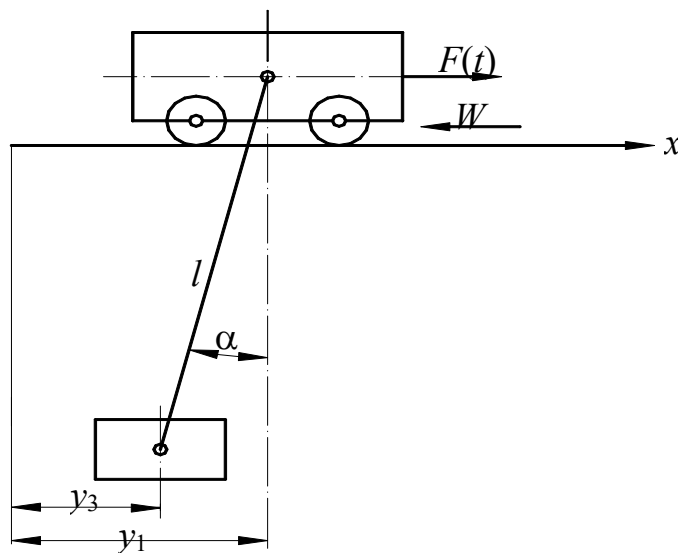


Рис. 1.79. Динамічна модель руху візка з вантажем на гнучкому підвісі

Будемо вважати канат нерозтяжним, невагомим і абсолютно гнучким, масу вантажу зосередженим в одній точці, коливання вантажу малими. Обґрунтування цих допущень дано.

Введемо позначення:

y_1 – пересування візка;

y_2 – швидкість візка;

y_3 – пересування вантажу;

y_4 – швидкість вантажу;

g – прискорення вільного падіння.

Використовуючи рівняння Лагранжа 2-го роду, рух досліджуваної моделі для випадку малих коливань вантажу записується системою диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} m_1 \frac{d^2 y_1}{dt^2} + m_2 g \cdot (y_1 - y_3) / l = F(t) - W \text{sign} y_1; \\ m_2 \frac{d^2 y_3}{dt^2} + m_2 g \cdot (y_1 - y_3) / l = 0, \end{cases} \quad (1.3)$$

яку можна записати у канонічному вигляді

$$\begin{cases} \frac{dy_1}{dt} = y_2; \\ \frac{dy_2}{dt} = (y_3 - y_1) \cdot m_2 \cdot g / (m_1 \cdot l) + U(t); \\ \frac{dy_3}{dt} = y_4; \\ \frac{dy_4}{dt} = (y_1 - y_3) \cdot g / l, \end{cases} \quad (1.4)$$

де $U(t) = (F(t) - W \text{sign} \dot{y}_2) / m_1$.

Параметром керування вибрано рушійне зусилля $F(t)$, але для зручності параметром керування будемо вважати функцію $U(t)$, що пропорційна $F(t)$.

Систему лінійних неоднорідних диференціальних рівнянь (1.3) можна звести до одного диференціального рівняння четвертого порядку

$$\frac{d^4 y_3}{dt^4} + \lambda^2 \cdot \frac{d^2 y_3}{dt^2} = U(t) \cdot g / l, \quad (1.5)$$

де $\lambda = \sqrt{g \cdot (m_2 / m_1 + 1) / l}$.

Використовуючи метод Коші, можна знайти частковий розв'язок рівняння (1.5), якщо відома фундаментальна система розв'язків відповідного однорідного рівняння, для знаходження якої розв'язати характеристичне рівняння

$$k^4 + \lambda^2 \cdot k^2 = 0.$$

Знаючи фундаментальну систему розв'язків однорідного рівняння (1.5), можна записати загальний розв'язок рівняння (1.5). Тоді система рівнянь (1.4) запишеться в такому вигляді:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1 = b_1 + b_2 t - b_3 \frac{m_2}{m_1} \cos \lambda t - b_4 \frac{m_2}{m_1} \sin \lambda t + \\ + \int_0^l \left[\frac{g}{l \cdot \lambda^2} (t - \tau) + \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{g}{l \cdot \lambda^3} \right) \sin \lambda (t - \tau) \right] U(\tau) d\tau; \\ y_2 = b_2 + b_3 \lambda \frac{m_2}{m_1} \sin \lambda t - b_4 \frac{m_2}{m_1} \cos \lambda t + \\ + \int_0^l \left[\frac{g}{l \cdot \lambda^2} + \left(1 - \frac{g}{l \cdot \lambda^2} \right) \cos \lambda (t - \tau) \right] U(\tau) d\tau; \\ y_3 = b_1 + b_2 t + b_3 \cos \lambda t + b_4 \sin \lambda t + \\ + \int_0^l \left[\frac{g}{l \cdot \lambda^2} (t - \tau) - \frac{g}{l \cdot \lambda^3} \sin \lambda (t - \tau) \right] U(\tau) d\tau; \\ y_4 = b_2 - b_3 \lambda \sin \lambda t + b_4 \lambda \cos \lambda t + \\ + \int_0^l \left[\frac{g}{l \cdot \lambda^2} - \frac{g}{l \cdot \lambda^2} \cos \lambda (t - \tau) \right] U(\tau) d\tau; \end{array} \right. \quad (1.6)$$

$$\begin{aligned} \text{де } b_1 &= (m_1 \cdot y_{10} + m_2 \cdot y_{30}) / m; \\ b_2 &= (m_1 \cdot y_{20} + m_2 \cdot y_{40}) / m; \\ b_3 &= (y_{30} - y_{10}) \cdot m_1 / m; \\ b_4 &= (y_{40} - y_{20}) \cdot \lambda m_1 / m; \\ m &= m_1 + m_2; \end{aligned}$$

1.9.3.2. Дослідження виду оптимального закону керування і характеру руху візка з підвищеним вантажем. Метод фазової площини.

Для визначення виду оптимальної функції $U(t)$ використаємо принцип максимуму Л.С. Понтрягіна, який можна застосувати при виконанні двох умов: умови загальності положення і умови належності точки $y_2 = 0$ до області обмежень на параметр керування. У нашому випадку друга умова завжди виконується, бо швидкість візка може набувати як додатних, так від'ємних значень. Умова загальності положення зводиться до перевірки нерівності нулю визначника, який складається з вектор-стовпців $B, A * B, A^2 * B, A^3 * B$, де A – матриця коефіцієнтів лінійної системи (1.4), B – вектор коефіцієнтів при параметрі керування.

Запишемо для системи рівнянь (1.4) спряжену систему та її розв'язок

$$\begin{aligned} \varphi_i &= - \sum_{n=1}^4 \frac{a \dot{y}_n}{a y_i} \varphi_n, \quad i = 1 \dots 4, \\ \begin{cases} \dot{\varphi}_1 = \varphi_2 m_2 g / (m_1 l) - \varphi_4 g / l; \\ \dot{\varphi}_2 = -\varphi_1; \\ \dot{\varphi}_3 = \varphi_2 m_2 g / (m_1 l) + \varphi_4 g / l; \\ \dot{\varphi}_4 = -\varphi_3; \end{cases} \end{aligned}$$

та її розв'язання

$$\begin{cases} \varphi_1 = -C_2 - C_3 \lambda \cos(\lambda t + \alpha); \\ \varphi_2 = C_1 + C_2 t + C_3 \sin(\lambda t + \alpha); \\ \varphi_3 = -C_2 m_2 / m_1 + C_3 \lambda \cos(\lambda t + \alpha); \\ \varphi_4 = C_1 m_2 / m_1 + C_2 t \cdot m_2 / m_1 - C_3 \sin(\lambda t + \alpha); \end{cases}$$

де C_1, C_2, C_3, α – сталі інтегрування.

Згідно з принципом максимуму керування $U(t)$ оптимальне за швидкодією, коли функція Гамільтона H має максимум:

$$H = \sum_{i=1}^4 \varphi_i y_i = \varphi_1 y_2 - \varphi_2 (y_1 - y_2) m_2 g / (m_1 l) + \varphi_2 U(t) + \varphi_3 y_4 + \varphi_4 (y_1 - y_3) g / l.$$

Аналіз функції Гамільтона показує, що вона сягає максимуму, коли режим керування має вигляд релейної функції

$$U(t) = |U_0| \operatorname{sign}[C_1 + C_2 t + C_3 \sin(\lambda t + \alpha)], \quad (1.7)$$

де $U_0 = \begin{cases} (K - W \operatorname{sign} y_2) / m_1 & \text{при розгоні;} \\ -(N + W \operatorname{sign} y_2) / m_1 & \text{при гальмуванні.} \end{cases}$

K, N – максимально допустиме зусилля відповідно рушійне та гальмівне.

Функція (1.7) є оптимальним законом керування, який забезпечує максимальну швидкодію руху візка з вантажем на гнучкому підвісі.

Релейність оптимальної функції керування було встановлено також у разі симетричного керування, де було отримано аналітичні вирази для визначення моментів перемикання функції керування з одного сталого значення в інше. Оскільки в розглянутому випадку визначити моменти перемикання функції керування за допомогою принципу максимуму неможливо через наявність розривної функції $\operatorname{sign} y_2$ у виразі для U_0 , то зручно використати метод фазової площини, який успішно застосовано в різних реальних умовах. Цей метод дає змогу графічно подати у вигляді кривих другого порядку весь перевантажувальний цикл й оцінити фазовий стан системи «візок–вантаж» у кожний момент часу. Крім того, за допомогою цього методу можна прогнозувати поведінку розглянутої системи, якщо на неї діятимуть ті чи інші зусилля. Але найголовніше в цьому методі полягає в тому, що він дає змогу отримати аналітичні вирази для визначення моментів перемикання функції керування.

Оскільки на кожному етапі керування $U(t) = U_0 = \text{const}$, то систему (1.6) можна записати у вигляді:

$$\begin{cases} y_1 = b_1 + b_2 t - b_3 \frac{m_2}{m_1} \cos \lambda t - b_4 \frac{m_2}{m_1} \sin \lambda t + \left(1 - \frac{g}{l \cdot \lambda^2}\right) \cdot (1 - \cos \lambda t); \\ y_2 = b_2 + b_3 \lambda \frac{m_2}{m_1} \sin \lambda t - b_4 \frac{m_2}{m_1} \cos \lambda t + \frac{U_0}{\lambda} \left[\frac{gt}{l\lambda} + \left(1 - \frac{g}{l\lambda^2}\right) \sin \lambda t \right]; \\ y_3 = b_1 + b_2 t + b_3 \cos \lambda t + b_4 \sin \lambda t + \frac{gU_0}{l\lambda^2} \left[\frac{t^2}{2} - \frac{1}{\lambda^2} (1 - \cos \lambda t) \right]; \\ y_4 = b_2 - b_3 \lambda \sin \lambda t + b_4 \lambda \cos \lambda t + \frac{gU_0}{l\lambda^2} \left(t - \frac{\sin \lambda t}{\lambda} \right). \end{cases} \quad (1.8)$$

Успішне застосування методу фазової площини багато в чому залежить від вибору системи координат. Зручно розглядати процес руху досліджуваної моделі в системі координат (ξ_1, ξ_2) , де

$$\xi_1 = (y_3 - y_1) \cdot \lambda; \quad (1.9)$$

$$\xi_2 = (y_4 - y_2) \cdot \lambda. \quad (1.10)$$

У такій системі координат траєкторії перехідних процесів системи «візок–вантаж» описуються колами, центри яких зміщені відносно осі ξ_2 на величину U_0 / λ . Це впливає з рівняння кіл, які дістають підстановкою координат системи (1.8) у (1.9) і (1.10):

$$\begin{aligned} \left(\xi_1 + \frac{U_0}{\lambda} \right)^2 + \xi_2^2 = & \left(\frac{U_0}{\lambda} \right)^2 + b_3^2 \lambda^2 \left(1 + \frac{m_2}{m_1} \right)^2 + \\ & + b_4^2 \lambda^2 \left(1 + \frac{m_2}{m_1} \right)^2 + 2U_0 b_3 \left(1 + \frac{m_2}{m_1} \right). \end{aligned} \quad (1.11)$$

Отже, розгону візка буде відповідати сім'я кіл із центром у точці $O_1 \left(-\frac{K-W}{m_1 \lambda}, 0 \right)$ (рис. 1.80).

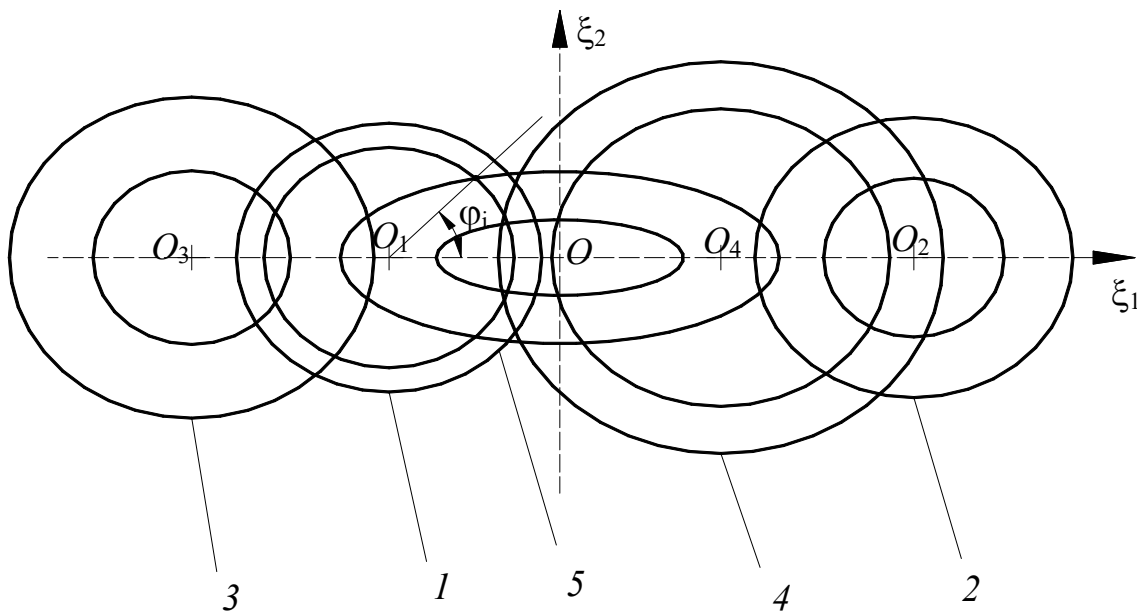


Рис. 1.80. Схема фазової площини

Процес гальмування візка буде відповідати сім'я кіл з центром у точці $O_2 \left(-\frac{N+W}{m_1\lambda}, O \right)$. На деякій стадії перевантажувального циклу можливий рух візка у зворотному напрямі. У цьому разі знак при W змінюється на протилежний, тому розгону візка у зворотному напрямі відповідатиме сім'я кіл із центром у точці $O_3 \left(\frac{N-W}{m_1\lambda}, O \right)$, а гальмуванню – сім'я кіл із центром у точці $O_4 \left(-\frac{K+W}{m_1\lambda}, O \right)$.

Із рівняння (1.11) випливає, що радіуси розглянутих кіл залежать від початкових фазових координат, і рух по них відбувається за годинниковою стрілкою рівномірно з кутовою швидкістю λ . Отже, можна визначити час руху на будь-якій ділянці фазової траєкторії. Цей час визначається залежністю

$$t_i = \varphi_i / \lambda, \quad (1.12)$$

де φ_i – центральний кут, на який спирається дуга кола (рис. 1.80);

$$i = 1, \dots, n,$$

де i – номер етапу; n – кількість етапів руху.

Постійний режим руху системи, коли візок рухається з номінальною швидкістю, а вантаж здійснює вільні коливання, описується системою рівнянь (1.4) при $y_2 = 0$, розв'язок яких має вигляд:

$$\begin{cases} y_1 = y_{01} + y_{02}t; \\ y_2 = y_{02}; \\ y_3 = y_{01} + y_{02}t + (y_{03} - y_{01})\cos \mu t + \mu^{-1}(y_{04} - y_{02})\sin \mu t; \\ y_4 = y_{02} - (y_{03} - y_{01})\mu \sin \mu t + (y_{04} - y_{02})\cos \mu t, \end{cases} \quad (1.13)$$

$$\text{де } \mu = \sqrt{\frac{g}{l}}.$$

Для отримання закону $U(t)$ при постійному русі систему рівнянь (1.3) слід записати відносно $U(t)$ при $y_1 = 0$. У результаті дістаємо диференціальне рівняння

$$\frac{d^2 U(t)}{dt^2} + \frac{g}{l} U(t) = 0. \quad (1.14)$$

Рівняння (1.13) має такий розв'язок:

$$U(t) = -\frac{m_2 g}{m_1 l} \left[(y_{03} - y_{01}) \cos \mu t + \mu^{-1} (y_{04} - y_{02}) \sin \mu t \right]. \quad (1.15)$$

Використовуючи вирази (1.9), (1.10) і (1.13), встановили, що режиму постійного руху на фазовій площині (ξ_1, ξ_2) відповідає еліпс, рівняння якого записується у вигляді

$$\frac{\xi_1^2}{\xi_{10}^2 + (\mu^{-1} \lambda \xi_{20})^2} + \frac{\xi_2^2}{(\xi_{10} \mu \lambda^{-1})^2 + \xi_{20}^2} = 1,$$

де ξ_{10}, ξ_{20} – початкові фазові координати.

Рух по еліпсу відбувається рівномірно з кутовою швидкістю μ за годинниковою стрілкою, а тривалість будь-якого етапу сталого режиму визначається залежністю

$$t_i = \alpha_i / \mu \quad (i = 1, 2, \dots, n_1), \quad (1.16)$$

де α_i – кут між відрізками, які з'єднують початок координат з граничними точками досліджуваної ділянки еліпса (рис. 1.80); n_1 – кількість ділянок руху.

У кінці перевантажувального циклу фазова точка має розміщуватися на початку координат фазової площини при виконанні умов:

$$y_1 = S; \quad (1.17)$$

$$y_2 = 0. \quad (1.18)$$

1.9.3.3. Оптимальний закон керування без урахування фазових обмежень (Задача 1)

Сформулюємо оптимізаційну задачу у наступному вигляді (задача 1): визначити закон керування, який має мінімальну

кількість перемикачів, при котрому візок з підвішеним вантажем на канаті переміститься на задану відстань S за найкоротший час з повним гасінням коливань вантажу в кінці руху. При цьому повинно бути виконано обмеження на керування

$$-(N + W \operatorname{sign} y_2) / m_1 \leq U(t) \leq (K - W \operatorname{sign} y_2) / m_1. \quad (1.19)$$

Оскільки вид оптимального закону керування вже був установлений з принципу максимуму, то для розв'язання поставленої задачі залишається визначити часові моменти перемикання керування.

Розглянемо процес руху досліджуваної моделі на фазовій площині (ξ_1, ξ_2) . Рух починається зі стану спокою

$$y_{10} = y_{20} = y_{30} = y_{40} = 0,$$

якому на фазовій площині відповідає початок координат.

Можна однозначно встановити траєкторію першого етапу перевантажувального циклу, тому що відома початкова фазова координата – це коло J_1 (рис. 1.81) із центром $O_1 \left(-\frac{K-W}{m_1 \lambda}, 0 \right)$, яка проходить через початок координат і відповідає розгону візка. Уже на цій стадії дослідження можна впевнено сказати про величину максимального відхилення вантажу від вертикалі Δ_{\max} при розгоні візка, якщо до нього прикладене постійне рушійне зусилля. Як видно з рис. 1.81,

$$\Delta_{\max} \leq 2 \cdot \frac{K-W}{m_1 \lambda^2}.$$

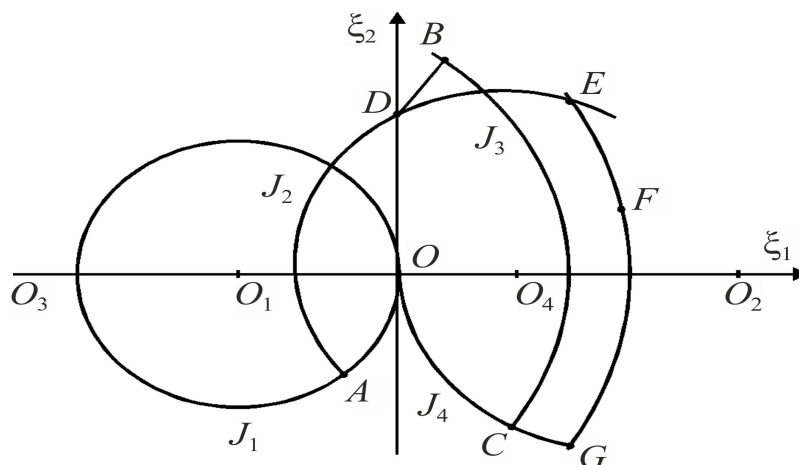


Рис. 1.81. Оптимальний закон без урахування фазових обмежень

Сформульована оптимізаційна задача зводиться до потрапляння найкоротшим шляхом з будь-якої точки кола в початок координат так, щоб в цій точці виконувались умови (1.17) і (1.18).

Очевидно, що діяльність першого етапу визначається з умови (1.17). Тому алгоритм пошуку оптимального рішення повинен бути загальним для всіх точок кола J_1 .

Припустимо, що гальмування візка починається в точці A . Подальший рух буде відбуватися по колу гальмування J_2 з центром в точці $O_2 \left(\frac{N+W}{m_1\lambda}, O \right)$, але по цій траєкторії, як видно з рис. 1.81, неможливо потрапити в точку O . Єдиною траєкторією гальмування, яка проходить через цю точку, є коло J_4 з центром O_2 . Оскільки кола J_2 і J_4 не мають спільних точок, тому що є концентричними, то перехід з одного кола на інше можливий тільки по траєкторії розгону типу J_3 .

Таким чином, підтверджується обов'язкова наявність етапу розгону на стадії гальмування візка. З безлічі траєкторій типу J_3 варто вибрати таку, щоб у точці O виконувалась умова (1.18). Фактично з цієї умови визначається тривалість другого етапу, знаючи яку, можна однозначно обчислити тривалість двох останніх етапів t_{BC} і t_{CO} , використовуючи формулу (1.12).

Для цього необхідно визначити координати точки C (ξ_{1C}, ξ_{2C}), що неважко зробити, тому що відомі координати точки B (ξ_{1A}, ξ_{2A}) і радіус кола J_4 . В результаті отримуємо:

$$t_{BC} = \frac{1}{\lambda} \left(\arctg \frac{\xi_{2B}}{U_0/\lambda + \xi_{1B}} + \arctg \frac{\xi_{2C}}{U_0/\lambda + \xi_{1C}} \right); \quad (1.20)$$

$$t_{CO} = \frac{1}{\lambda} \arccos \left(1 - \frac{\lambda \cdot \xi_{1C}}{U_0} \right). \quad (1.21)$$

Розглянемо окремий випадок, коли на ділянці AB швидкість візка досягає нуля, наприклад, у точці D і серед точок дуги AD не знайдено таких, щоб виконувалась умова (1.17). Подальший рух буде відбуватися у зворотному напрямку, але відомо, що при зміні знака швидкості візка зусилля статичного опору також змінює

напрям. На фазовій площині це відображається так, що дуга AB у точці D зазнає зламу і в подальшому русі буде відбуватися по дузі DE з центром $O_4 \left(-\frac{K+W}{m_1\lambda}, O \right)$, який відповідає розгону візка у зворотному напрямі, і по дузі EF з центром $O_3 \left(-\frac{K+W}{m_1\lambda}, O \right)$, який відповідає гальмуванню візка до нульової швидкості при зворотному русі. Таким чином, у розглянутому окремому випадку оптимальне рішення варто шукати серед траєкторій типу $OADEFGO$, а тривалість етапів визначається таким чином: етапи AD і EF визначаються шляхом розв'язання трансцендентного рівняння $y_2 = 0$, використовуючи вираз для y_2 з (1.8); етап DE – з умови (1.18), а етапи FG і GO – з формули (1.12). Тут і в подальшому аналітичні вирази для визначення тривалості етапів, отриманих за допомогою формул (1.12), не наводяться через їх громіздкість.

Розглянутий окремий випадок, як показують численні розрахунки, часто виникає при великих довжинах підвісу (більше 20 м), коли на протязі достатньо тривалих проміжків часу на рух візка істотно не впливає вантаж, який коливається, і швидкість візка може змінюватися у широкому діапазоні, включаючи і область негативних значень.

На рис. 1.82 показані графіки перехідних процесів і фазова діаграма, отримані в результаті розв'язання на ЕОМ поставленої оптимізаційної задачі за описаною методикою. Для розрахунку взяті параметри візка мостового грейферного крана: $m_1 = 10300$ кг; $m_2 = 600$ кг; $K = 6000$ Н; $N = 6000$ Н; $W = 1000$ Н; $l = 5$ м; $V_0 = 1$ м/с.

Отримані розв'язання задачі 1 можуть мати практичне застосування в тих випадках, коли швидкість візка не досягає свого номінального значення, наприклад при пересуванні вантажу на невеликі відстані.

1.9.3.4. Оптимальний закон керування з урахуванням обмеження на швидкість візка (Задача 2).

Розв'яжемо оптимізаційну задачу у наступній постановці (задача 2): визначити закон керування $U(t)$, який має мінімальну кількість перемикачів, при якій візок з підвішеним на канаті вантажем переміститься на задану відстань за найкоротший час з

повним гасінням коливань вантажу в кінці руху. При цьому мають бути виконані обмеження на керування (1.19) і на швидкість пересування візка

$$|y_2| < V_0, \quad (1.22)$$

де V_0 – номінальна швидкість пересування візка.

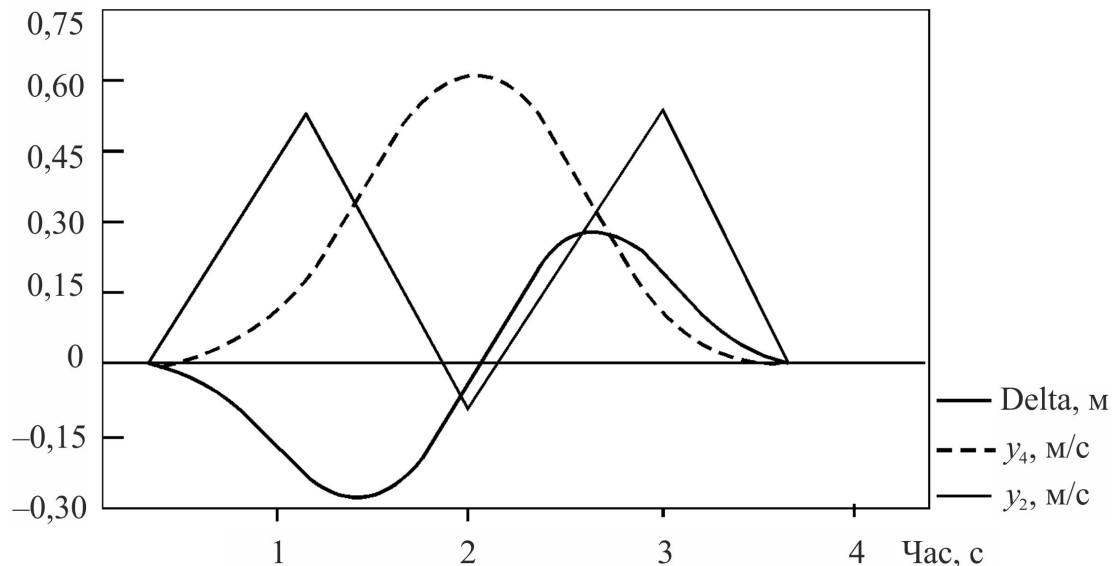


Рис. 1.82. Оптимальне керування краном 1:

$P1 = 10,3$ т; $P2 = 0,6$ т; $K = 6$ кН; $N = 6$ кН; $W = 1$ кН; $TPO = 0$ с;
 $TNP = 0$ с; $EPC = 0,01$; $l = 5$ м

Розглянемо процес руху досліджуваної моделі на фазовій площині (ξ_1, ξ_2) . Першому етапу перевантажувального циклу відповідає коло J_1 (рис. 1.83) і припустимо, що в точці A швидкість візка досягла свого номінального значення V_0 . Подальший рух візка буде відбуватися з постійною швидкістю, а вантаж – здійснювати вільні коливання. На фазовій площині цьому етапу відповідає еліпс J_2 , який проходить через точку A . Припустимо, що на дузі OA немає точки, з якої можна було б потрапити в початок координат при виконанні умов (1.17) і (1.18), тому що цей випадок буде відповідати задачі 1. Це припущення дає підставу вважати тривалість першого етапу t_{OA} постійною і незалежною від S . Величина t_{OA} визначається шляхом розв'язання трансцендентного рівняння $y_2 = V_0$ з використанням виразу для y_2 з (1.8). Величина S буде визначати тривалість другого етапу – рух візка з постійною швидкістю, і, відповідно, необхідно розробити

алгоритм, який дозволяє отримати розв'язання поставленої задачі для будь-якої точки еліпса. Розглянемо алгоритм пошуку оптимального розв'язання, наприклад, для точки B . Провівши міркування, аналогічні тим, що були зроблені при розв'язанні задачі 1, можна показати, що розв'язання поставленої задачі зводиться до вибору з сімейства траєкторій типу $BCDO$ такої, щоб на початку координат була виконана умова (1.18), а умова (1.17) визначить положення точки B на еліпсі J_2 . Якщо, наприклад, у точці E змінюється напрям руху візка, то оптимальне розв'язання варто шукати серед траєкторій типу $BEFGHO$.

Тепер зупинимося на розгляді тих особливостей алгоритму, які пов'язані з наявністю обмеження (1.22). Дослідимо етап EF – розгін візка у зворотному напрямі. Оскільки швидкість візка обмежена, то природно припустити, що на колі, котрому належать точки E і F , є така точка K , в якій $y_2 = -V_0$ і, якщо серед усіх точок дуги EK немає такої, щоб траєкторія типу $BEFGHO$ задовольняла умові (1.18), то розв'язання варто шукати серед точок еліпса J_3 , який відповідає руху візка з номінальною швидкістю у зворотному напрямі.

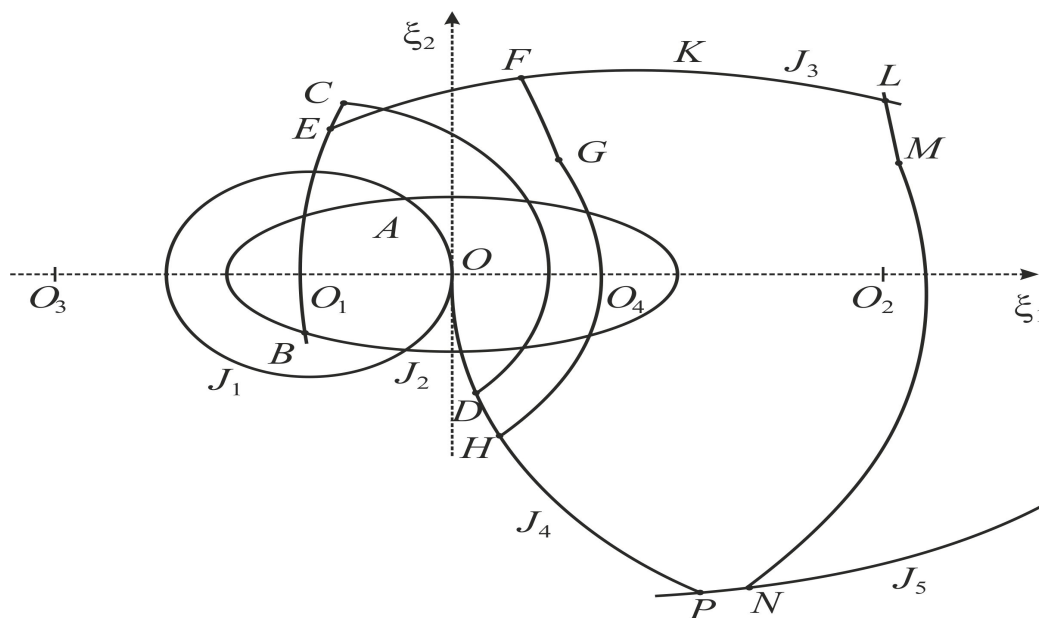


Рис. 1.83. Оптимальний закон керування з обмеженням швидкості пересування

Тепер дослідимо етап DO -гальмування візка до повної зупинки. Цей етап можна умовно розглядати як розгін візка з

нульової фазової відстані при зворотному плинні часу, коли $U_0 = (N + W)/m_1$. Природно припустити, що на колі J_4 існує деяка точка P , в якій $y_2 = V_0$. Тому, якщо при розв'язанні задачі 1 можна було потрапити на коло J_4 в будь-якому місці, то в розглянутому випадку в силу обмеження (1.21), припустимою ділянкою цього кола є тільки дуга OP , а відкинута з розгляду частина траєкторії замінюється еліпсом, який проходить через точку P . Тому розв'язання поставленої оптимізаційної задачі в загальному вигляді зводиться до пошуку траєкторії переходу з ділянок BE , EK , або еліпса J_3 на ділянку OP , або еліпс J_5 . Критерій пошуку залишається колишнім – виконання умови (1.18) в точці O . Таким чином, розв'язанням задачі можуть бути траєкторії достатньо складні, наприклад, типу $BEKLMNPO$. Це залежить від положення точки B на еліпсі J_2 , або, що те ж саме, від фазового стану системи «візок – вантаж» перед початком гальмування.

Визначення тривалості кожного етапу залежить від типу траєкторій. Зробимо це для найбільш складної траєкторії – $BEKLMNPO$:

- t_{BE} , t_{LM} – знаходять з рівняння $y_2 = 0$, де y_2 – з (1.8);
- t_{EK} – з рівняння $y_2 = -V_0$;
- t_{KL} – з умови (1.18);
- t_{MN} – з формули (1.12);
- t_{NP} – з формули (1.16);
- t_{PO} – з рівняння $y_2 = V_0$ при зворотному плинні часу, коли

$$U_0 = (N + W)/m_1.$$

На рис. 1.84 показані графіки перехідних процесів і фазова діаграма, отримані шляхом реалізації на ЕОМ описаного алгоритму пошуку оптимального закону керування з урахуванням на швидкість пересування візка. Розрахунок виконано для кранового візка, який має номінальну швидкість $V = 1$ м/с. Інші параметри візка взяті ті ж, що і в задачі 1.

Отримані розв'язання задачі 2 можуть бути використані практично для будь-якого крана мостового типу за виключенням тих випадків, коли є обмеження на відхилення вантажу від вертикалі.

1.9.3.5. Оптимальний закон керування з урахуванням демпфірування коливань вантажу.

При розв'язанні задач оптимального керування припускалася наявність коливань вантажу на етапі сталого руху і робилося

припущення, що ці коливання є незатухаючими. Однак у реальних умовах маємо коливання вантажу з тим чи іншим ступенем затухання в результаті опору повітря, жорсткості підвіски та ін. Тому, при реалізації закону керування можемо отримати негативний результат через відміну розрахункового фазового стану системи «візок – вантаж» від реального.

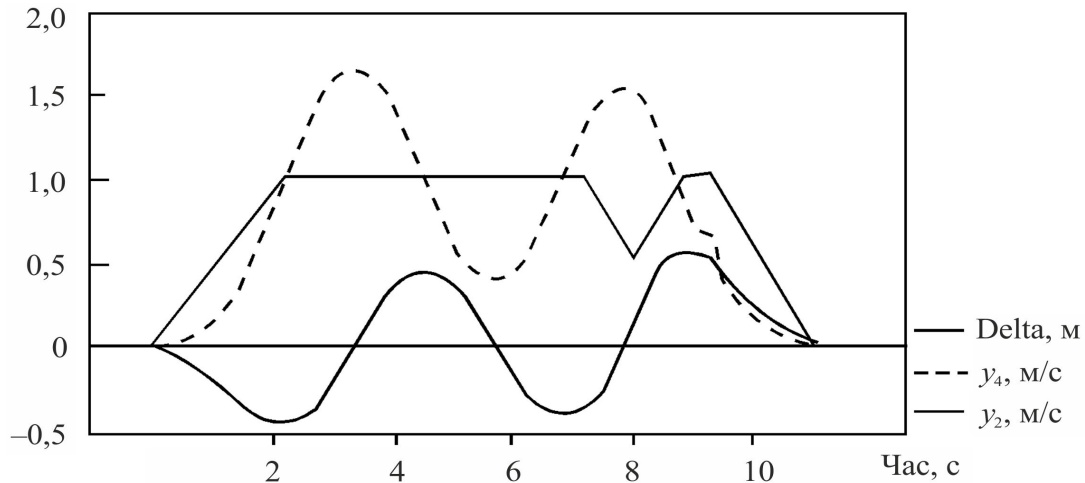


Рис. 1.84. Оптимальне керування краном 2:
 $P1 = 10,3$ т; $P2 = 0,6$ т; $FR = 6$ кН; $W = 1$ кН; $XN = 8$ м;
 $V1 = 1$ м/с; $DO = 5$ м; $TPO = 0$ с; $TPC = 0$ с; $EPC = 0,01$

Урахуємо затухання коливань вантажу на сталому етапі перевантажувального циклу через логарифмічний декремент.

Тоді систему диференціальних рівнянь (1.4) можна записати в такому вигляді:

$$\begin{cases} \dot{y}_1 = y_2; \\ \dot{y}_2 = 0; \\ \dot{y}_3 = y_4; \\ \dot{y}_4 = -2 \cdot \varepsilon \cdot y_4 + g(y_1 - y_3)/1, \end{cases} \quad (1.23)$$

де $\varepsilon = \frac{\gamma}{\tau}$ – коефіцієнт затухання; $\gamma = \ln \frac{\Delta_1}{\Delta_2}$ – логарифмічний декремент; Δ_1, Δ_2 – амплітуди коливань через один період; τ – період коливань.

Розв’язання системи рівнянь (1.23) можна отримати, використовуючи метод Ейлера

$$\begin{cases} y_1 = y_{01} + y_{02}t; \\ y_2 = y_{02}; \\ y_3 = y_{01} + y_{02}t + e^{-\varepsilon_1} \cdot \left\{ (y_{03} - y_{01}) \cos vt + v^{-1} \times \right. \\ \left. \times \left[(y_{04} - y_{02}) + (y_{03} - y_{01}) \varepsilon \right] \sin vt \right\}; \\ y_4 = y_{02} - \varepsilon \cdot e^{\varepsilon_1} \cdot \left\{ (y_{03} - y_{01}) \cos vt + \right. \\ \left. + \left[(y_{04} - y_{02}) + (y_{03} - y_{01}) \varepsilon \right] v^{-1} \cdot \sin vt \right\} + \\ \left. + e^{\varepsilon_1} \cdot \left\{ -(y_{03} - y_{01}) v \sin vt + \left[(y_{04} - y_{02}) + (y_{03} - y_{01}) \varepsilon \right] \cos vt \right\}, \right. \end{cases}$$

де $v = \sqrt{\frac{g}{l} - \varepsilon^2}$.

На фазовій площині (ξ_1, ξ_2) етап сталого руху візка з урахуванням затухання коливань вантажу представляється у вигляді спіралеподібної кривої (рис. 1.86). Коефіцієнт затухання ε в кожному конкретному випадку визначається тільки експериментальним шляхом. Алгоритм пошуку оптимального розв'язання розглянутих задач залишається без зміни.

На рис. 1.85 показано, як змінилися графіки перехідних процесів і фазова діаграма, отримані при розв'язанні задачі 2, якщо враховується затухання коливань вантажу ($\varepsilon = 0,3$).

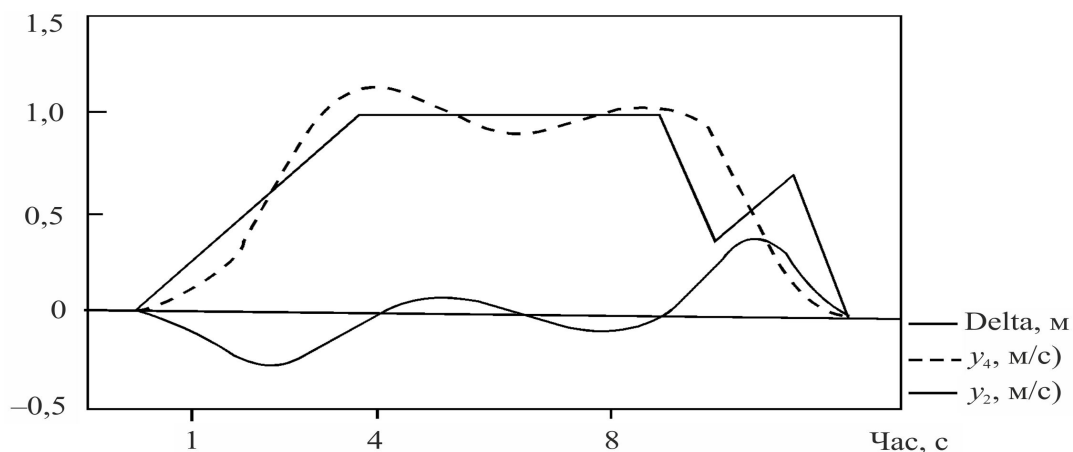


Рис. 1.85. Оптимальне керування краном 2:

$P1 = 10,3$ т; $P2 = 0,6$ т; $K = 6$ кН; $N = 6$ кН; $W = 15$ кН; $XN = 8$ м;
 $V1 = 1$ м/с; $DO = 5$ м; $l = 5$ м; $TPO = 0$ с; $TPC = 0$ с; $EPC = 0,3$

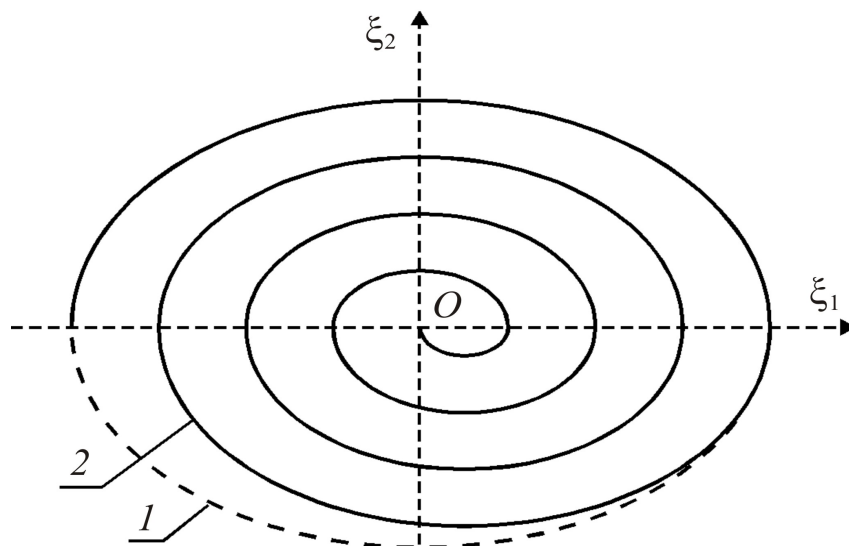


Рис. 1.86. Оптимальний закон керування рухом з урахування гасіння коливань: 1 – без урахування значення коливань вантажу; 2 – з урахуванням згасання коливань вантажу

Актуальність даного питання не знизилася, а підвищилася. Це пояснюється підвищенням швидкостей, прискорень робочих рухів, збільшенням висоти підйому вантажу, зростанням числа циклів, що здійснюються краном в одиницю часу. В існуючих умовах роботи кранів витрати часу на заспокоєння вантажу при наведенні його на місце посадки становлять велику частину від загального часу циклу, що спричиняє істотне зниження продуктивності крана.

До вантажопідйомних машин, які працюють в інтенсивному режимі, належать морські і річкові перевантажувачі, козлові, порталні, будівельні баштові та деякі мостові крани, тому бажано обмежувати відхилення вантажу від вертикалі та виконувати точне наведення його на місце посадки без подальшого заспокоєння.

Ряд вітчизняних вчених успішно займалися цією проблемою, ними були отримані цікаві результати, відомі також досягнення в цій області низка закордонних фірм.

На прикладі роздільного механізму пересування мостового крана розглянемо двомасову систему «кран – вантаж» (рис. 1.87).

Формулювання задачі: перемістити за максимально можливий час кран з вантажем на задану відстань x_0 так, щоб у період розгону, рівномірного ходу і гальмування витримувались обме-

ження з величини відхилення вантажного каната від вертикалі Δ , а в кінці гальмування вантаж не розкачувався при обмеженні зусилля $U_0(t)$.

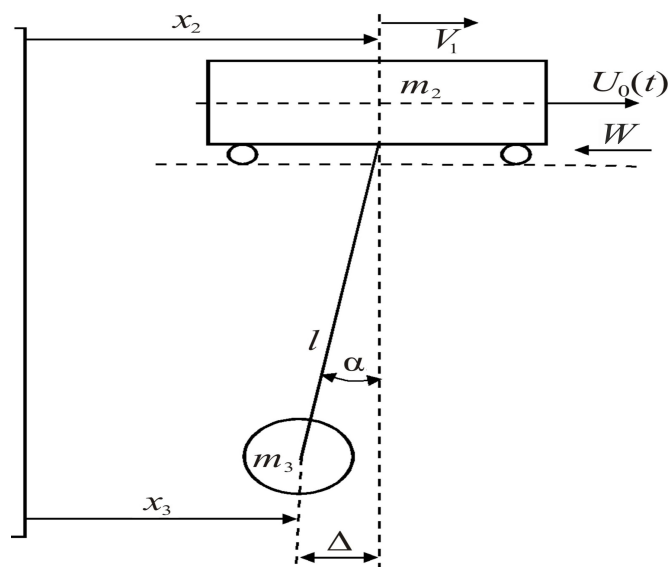


Рис. 1.87. Розрахункова схема

Початкову систему описують диференціальні рівняння:

$$\begin{cases} \ddot{x}_2 m_2 = U_0(t) - \frac{m_3 g}{l} (x_2 - x_3) - W \text{sign} \dot{x}_2; \\ \ddot{x}_3 m_3 = \frac{m_3 g}{l} (x_2 - x_3), \end{cases} \quad (1.24)$$

де x_2, x_3 – переміщення; \dot{x}_2, \dot{x}_3 – швидкості; \ddot{x}_2, \ddot{x}_3 – прискорення відповідних мас; m_2 – маса крана; m_3 – маса вантажу; W – опір пересуванню крана по підкрановим рейкам; l – довжина гнучкого підвісу вантажу; $U_0(t)$ – керуюче зусилля на кран з боку приводу (трансмійного вала). При розв’язанні задачі вважаємо, що швидкість крана обмежена деякою величиною V_1 .

Поставлена задача розв’язується методами теорії оптимального керування. Роль керування відіграє параметр $U_0(t)$ – зусилля в трансмісійному валу.

Множиною допустимих керувань для системи (1.24) буде сукупність гладких функцій вигляду $U_0(t)$ з обмеженням $U_0(t) \leq K$. У подальшому розширимо цю множину до класу всіх кусково-безперервних функцій, залишивши обмеження, для якого має місце максимум Понтрягіна [85] Керування $U_0(t)$ для системи

(1.24), яке відповідає оптимальному за швидкістю рішення, буде визначено у розширеному класі функцій.

Перепишемо рівняння (1.24), вважаючи $x_2 = y_1$, $\dot{x}_2 = y_2$, $x_3 = y_3$, $\dot{x}_3 = y_4$, $y = (y_1, y_2, y_3, y_4)$:

$$\begin{cases} \dot{y}_1 = y_2; \\ \dot{y}_2 = -\frac{m_3 g}{m_2 l} y_1 + \frac{m_3 g}{m_2 l} y_3 + U; \\ \dot{y}_3 = y_4; \\ \dot{y}_4 = \frac{g}{l} y_1 - \frac{g}{l} y_3, \end{cases} \quad (1.25)$$

де $U = \frac{U_0(t) - W \operatorname{sign} \dot{x}_2}{m_2}$ – параметр керування системи (1.25).

Відповідна пов'язана система має вигляд:

$$\begin{cases} \dot{\eta}_2 = \frac{m_3 g}{m_2 l} \eta_2 - \frac{g}{l} \eta_4; \\ \dot{\eta}_2 = -\eta_1; \\ \dot{\eta}_3 = -\frac{m_3 g}{m_2 l} \eta_2 + \frac{g}{l} \eta_4; \\ \dot{\eta}_4 = -\eta_3. \end{cases} \quad (1.26)$$

Загальне рівняння системи (1.26) $\eta = (\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4)$:

$$\begin{cases} \eta_1 = -C_2 - C_3 \lambda \cos(\lambda t + \omega); \\ \eta_2 = C_1 + C_2 t + C_3 \sin(\lambda t + \omega); \\ \eta_3 = -\frac{m_3}{m_2} C_2 + C_3 \lambda \cos(\lambda t + \omega); \\ \eta_4 = \frac{m_3}{m_2} C_2 + \frac{m_3}{m_2} C_2 t + C_3 \sin(\lambda t + \omega), \end{cases} \quad (1.27)$$

де C_1, C_2, C_3, ω – довільні сталі; $\lambda = \sqrt{\frac{m_3 g}{m_2 l} + \frac{g}{l}}$.

Нехай початковий стан: $y_1 = x_0$; $y_2 = 0$; $y_3 = x_0$; $y_4 = 0$; $x_0 > 0$.

За цільовий стан приймемо початок координат фазового простору системи (1.25).

Згідно з принципом максимуму для системи (1.25) складемо функцію

$$H = \eta_1 y_2 + \eta_2 \left(-\frac{m_3 g}{m_2 l} y_1 + \frac{m_3}{m_2} y_3 + U \right) + \\ + \eta_3 y_4 + \eta_4 \left(\frac{g}{l} y_1 - \frac{g}{l} y_3 \right).$$

Очевидно, H досягає максимуму при $U = \max(U \text{ sign } \eta_2)$. Тобто рух всередині області допустимих фазових координат відбувається при $y_2 < 0$ з $u_1 = \frac{W - k}{m_2}$ або $u_2 = \frac{W + k}{m_2}$; при $y_2 > 0$ з

$$u_3 = -\frac{W + K}{m_2} \text{ або } u_4 = \frac{K - W^2}{m_2}.$$

Розв'язання системи (1.25) при довільних u і початковому стані

$y_0 = (y_{01}, y_{02}, y_{03}, y_{04})$ має вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1(t) = b_1 + b_2 t - b_3 \frac{m_3}{m_2} \cos \lambda t - b_4 \frac{m_3}{m_2} \sin \lambda t + \\ + \int_0^t \left[\frac{g}{l \lambda^2} (t - \tau) + \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{g}{l \lambda^2} \right) (t - \tau) \right] u(\tau) d\tau; \\ y_2(t) = b_2 + b_3 \lambda \frac{m_3}{m_2} \sin \lambda t - b_4 \lambda \frac{m_3}{m_2} \cos \lambda t + \\ + \int_0^t \left[\frac{g}{l \lambda^2} + \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{g}{l \lambda^2} \right) \cos(t - \tau) \right] u(\tau) d\tau; \\ y_3(t) = b_1 + b_2 \tau + b_3 \cos \lambda t - b_4 \sin \lambda t + \\ + \int_0^t \left[\frac{g}{l \lambda^2} (t - \tau) - \frac{g}{l \lambda^3} \sin \lambda (t - \tau) \right] u(\tau) d\tau; \\ y_4(t) = b_2 - b_3 \lambda \sin \lambda t + b_4 \lambda \cos \lambda t + \\ + \int_0^t \left[\frac{g}{l \lambda^2} - \frac{g}{l \lambda^3} \cos \lambda (t - \tau) \right] u(\tau) d\tau, \end{array} \right. \quad (1.28)$$

де

$$b_1 = y_{03} \frac{m_3}{m_2 + m_3} + y_{01} \frac{m_2}{m_2 + m_3}; b_2 = y_{04} \frac{m_3}{m_2 + m_3} + y_{02} \frac{m_2}{m_2 + m_3};$$

$$b_3 = (y_{03} - y_{04}) \frac{m_2}{m_2 + m_3}; b_4 = (y_{04} - y_{02}) \frac{m_2}{m_2 + m_3} \frac{1}{\lambda}.$$

Траєкторія системи (1.25) при $u = u_k$ ($k = 1, 2, 3, 4$) задовольняє відповідно рівнянням:

$$\left[\lambda \left(y_3 - y_1 + \frac{W - K}{m_2 \lambda^2} \right) \right]^2 + (y_2 - y_4)^2 = \left(b_3 \lambda^3 \frac{l}{g} \right)^2 + \left(b_4 \frac{l}{g} \lambda^3 \right)^2 +$$

$$+ \left(\frac{W - K}{m_2 \lambda} \right)^2 + 2b_3 \frac{l}{g} \frac{W + K}{m_2} \lambda^2;$$

$$\left[\lambda \left(y_3 - y_1 + \frac{W + K}{m_2 \lambda^2} \right) \right]^2 + (y_2 - y_4)^2 =$$

$$= \left(b_3 \lambda^3 \frac{l}{g} \right)^2 + \left(b_4 \frac{l}{g} \lambda^3 \right)^2 + \left(\frac{W - K}{m_2 \lambda} \right)^2 + 2b_3 \frac{l}{g} \frac{W + K}{m_2} \lambda^2;$$

$$\left[\lambda \left(y_3 - y_1 - \frac{W + K}{m_2 \lambda^2} \right) \right]^2 + (y_2 - y_4)^2 = \left(b_3 \lambda^3 \frac{l}{g} - \frac{K - W}{m_2 \lambda} \right)^2 + \left(b_4 \frac{l}{g} \lambda^3 \right)^2;$$

$$\left[\lambda \left(y_3 - y_1 + \frac{K - W}{m_2 \lambda^2} \right) \right]^2 + (y_2 - y_4)^2 = \left(b_3 \lambda^3 \frac{l}{g} - \frac{K - W}{m_2 \lambda} \right)^2 + \left(b_4 \frac{l}{g} \lambda^3 \right)^2.$$

Ортогональними проекціями цих траєкторій на площині змінних $\xi_1 = \lambda(y_3 - y_1)$, $\xi_2 = y_2 - y_4$ є кола з центрами відповідно в точках $O_1 \left(\frac{K - W}{m_2 \lambda}, O \right)$, $O_2 \left(-\frac{K + W}{m_2 \lambda}, O \right)$, $O_3 \left(\frac{K - W}{m_2 \lambda}, O \right)$ і $O_4 \left(-\frac{K + W}{m_2 \lambda}, O \right)$ (рис. 1.87). Проекція фазової точки рухається по

них рівномірно проти годинникової стрілки з кутовою швидкістю λ .

Припустимо, що на рух системи немає обмежень, тоді оптимальне керування має вигляд: етап розгону – рух по J_1 , етап гальмування – рух по J_2 і перехід з J_1 на J_2 , який здійснюється з урахуванням потрапляння системи в початок координат вихідного фазового простору. На рис. 1.88 показані різні варіанти руху.

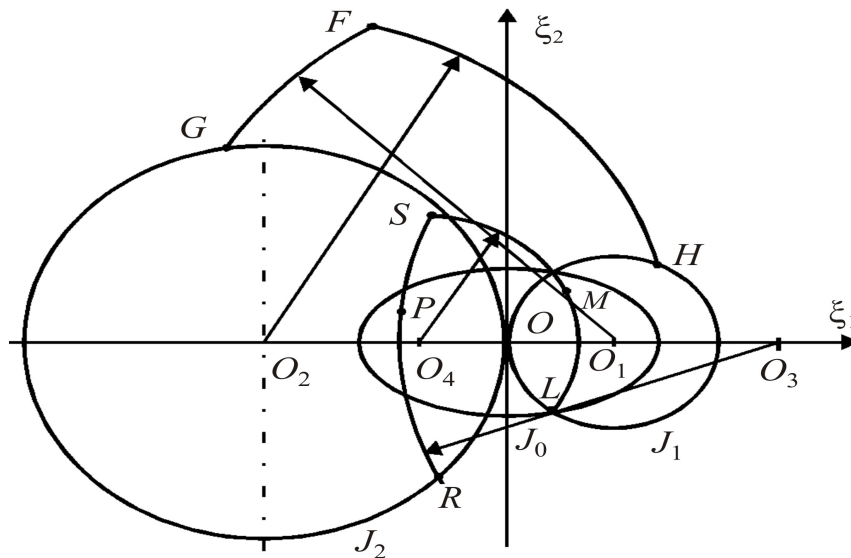


Рис. 1.88. Проекції траєкторій при русі без обмежень на величину Δ

Якщо при розгоні швидкість була достатньо велика, то потрапляння з I_1 на I_2 відбудеться по деякій траєкторії HFG . У протилежному випадку траєкторія переходу може містити ділянку руху $y_2 > 0$ – MSR . При такому способі керування потребують визначення два моменти часу, які відповідають точкам H і F . Їх можна знайти з умов $y_1 = y_2 = \varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0$ у кінці руху, використовуючи рішення (1.28) і запропоновану формулу керування $u(t)$.

Нехай існує обмеження на величину швидкості $|y_2| \leq V_1$. Тоді з'явиться етап руху з номінальною швидкістю $y = -V_1$, тому що $x_0 > 0$. Знаючи $y_2(t)$, знайдемо рівняння, яке реалізує цей рух.

$$u(t) = -\frac{m_3}{m_2} \frac{g}{l} \left[(y_{03} - y_{01}) \cos \mu t + (y_{04} - y_{02}) \frac{\sin \mu t}{\mu} \right]. \quad (1.29)$$

На площині $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ цьому відповідає рух фазової точки по еліпсу J_0 проти годинникової стрілки:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_{01} \cdot \cos \mu t - \frac{\lambda}{\mu} \varepsilon_{02} \cdot \sin \mu t;$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\mu}{\lambda} \varepsilon_{01} \cdot \sin \mu t + \varepsilon_{02} \cdot \cos \mu t,$$

$$\text{або } \varepsilon_1^2 + \frac{\varepsilon_2^2}{a^2} = \varepsilon_{01}^2 + \frac{\varepsilon_{02}^2}{a^2}, \text{ де } \mu = \sqrt{\frac{g}{l}}; a = \sqrt{\frac{m_2}{m_2 + m_3}};$$

$$\varepsilon_{01} = \lambda(y_{03} - y_{01}), \varepsilon_{02} = y_{02} - y_{04}.$$

При обмеженні $|y_{02}| \leq V_1$ розгін по J_1 закінчується в момент досягнення номінальної швидкості, після чого система рухається по J_0 . Перехід до гальмування відбувається, як і перед цим, однак у перехідному процесі може виникнути ділянка руху з номінальною швидкістю.

Тепер візьмемо до уваги обмеження на $\Delta = y_3 - y_1$ при фіксованому l : $|\Delta| \leq \Delta_0$. Якщо x_0 достатньо мало, то вказані вище обмеження можуть буди неістотними, це зведе задачу до вже розглянутих випадків.

Нехай $\Delta \leq \frac{K - W}{m_2 \lambda^2}$ (рис. 1.89). Тоді траєкторія розгону

пов'язана з потраплянням на множину

$$\begin{cases} y_1 - y_3 = -\Delta_0; \\ y_2 - y_4 = 0. \end{cases} \quad (1.30)$$

Або в точку A і подальшому русі при умові $\Delta = \Delta_0$.

Якщо на ділянці CB номінальна швидкість не досягається, то проекції оптимального потрапляння на (1.30) – дуги OB, BA . У протилежному випадку, з'явиться ділянка руху при $y_{02} = -V_1$ і оптимальною буде траєкторія ONN_1A , де N – точка досягнення номінальної швидкості.

З рівняння $y_3(t) - y_1(t) = \Delta_0$ можна знайти керування для руху в (1.30) – $u = -\Delta_0 \lambda^2$. Згідно з припущенням це допустиме керування.

Якщо $\Delta_0 > \frac{K-W}{m_2\lambda^2}$, то точка O_1 лежить всередині області допустимих координат. У цьому випадку, щоб не перетинати межу $\xi_1 = \lambda\Delta_0$, необхідно з кола J_1 вийти на деяке коло радіусу r системи (1.25) при $u = u_1$: $\lambda\Delta_0 - \frac{K-W}{m_2\lambda^2} \leq r < \frac{K-W}{m_2\lambda^2}$; при цьому вигляд шуканого керування істотно залежить від величин x_0, V_1 . Якщо значення V_1 достатньо велике, то перехід з J_1 на J_2 відбудеться по найкоротшій дузі, яка поєднує ці кола, при $u = u_1$. Використовуючи принцип максимуму, можна описати всі можливі варіанти руху і методом перебору знайти найкращий.

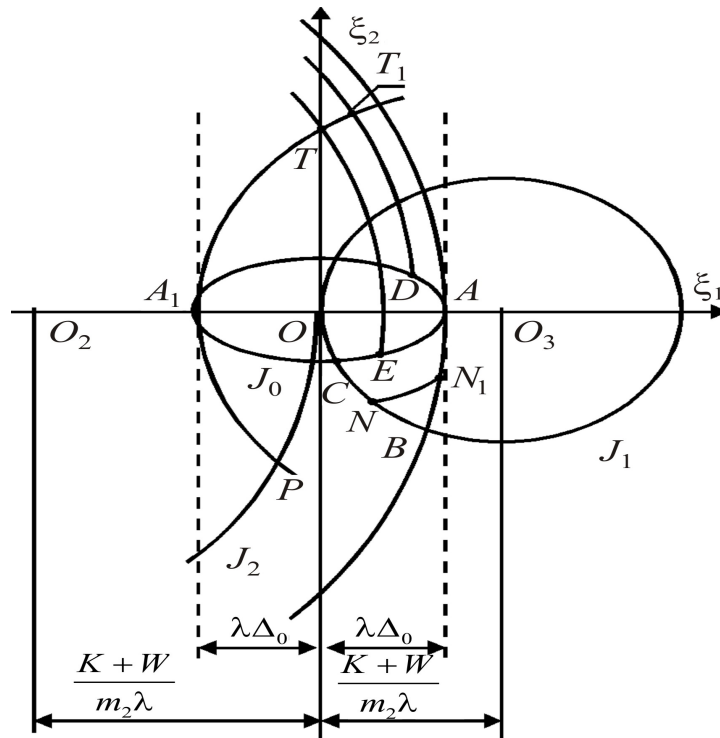


Рис. 1.89. Проекції фазової траєкторії системи при $\Delta_0 \leq \frac{K-W}{m_2\lambda^2}$

Координати всіх указаних точок перемикання керування можна визначити, використовуючи геометрію руху (рис. 1.88–1.89). Знаючи швидкість руху фазової точки по колу, легко знайти відповідні моменти часу. Після закінчення розгону можливий рух з номінальною швидкістю під дією керування вигляду (1.29). При

$m_2 > m_3$ він буде допустимим і обмеження $|\Delta| \leq \Delta_0$ при такому русі не порушуються.

Побудуємо закон оптимального гальмування з урахуванням раніше вказаних обмежень. Наявність їх призводить до можливості появи проміжного гальмування на множині

$$\begin{cases} y_1 - y_3 = -\Delta_0; \\ y_2 - y_4 = 0, \end{cases} \quad (1.31)$$

при $\Delta_0 \leq \frac{K - W}{m_2 \lambda^2}$, або на деякій дузі кола системи (1.25) при $u = u_2$,

$\Delta_0 > \frac{K - W}{m_2 \lambda^2}$. У першому випадку оптимальна траєкторія

гальмування має вигляд ETA_1A_1PO (рис. 1.89), де A_1A_1 – ділянка руху в (1.31); у другому – закон гальмування можна шукати, як при розгоні.

При побудові гальмівного керування може бути, що на ділянці T_1A_1 швидкість перевищує номінальну, множиною таких точок початку гальмування буде деяка дуга I_0 . Якщо $\Delta_0 \leq \frac{K - W}{m_2 \lambda^2}$ –

це дуга DA_1 (рис. 1.89). У такій ситуації, щоб потрапити у початок координат фазового простору системи (1.26), необхідно з D перейти в A_1 , далі рухатися з номінальною швидкістю до тих пір, доки закон гальмування, аналогічний описаному вище, не приведе систему в початок координат. При достатньо малих розмірах I_0 по відношенню до $\lambda\Delta_0$, як і перед цим, усі моменти перемикавання керування знаходяться з використанням геометрії руху з умов, які накладені на цей рух.

Таким чином, ми отримаємо оптимальну за швидкодією або достатньо близьку до неї функцію керування $u(t)$ для системи (1.25). Вона кусково-неперервна і є реальним допустимим керуванням на кожному інтервалі неперервності. Можливості гідроприводу дозволяють з достатнім ступенем точності реалізувати його на практиці.

Нижче даний приклад для мостового крана вантажопідйомністю 30/5 т прогоном 22,5 м виробництва Харківського заводу

ПТО. Роздільний гідростатичний привід механізму пересування крана містить насоси ПД №5, гідромотори ПМ №5 привідні електродвигуни АО-62-4. Числові значення параметрів, які входять у схему: $m_2 = 22100$ кг, $m_3 = 15300$ кг, $l = 13$ м, $W = 3300$ Н.

Розглянемо випадок, коли зусилля у валопроводі $u_0(t)$ обмежено величиною $K = 6900$ Н, при цьому тиск у гідравлічній системі складає 10 МПа. Задано обмеження на величину відхилення вантажу від вертикалі: $\Delta_0 = 0,1$ м. Номінальна швидкість пересування крана $V_1 = 1,26$ м/с. Кран повинен зупинитися без розгойдування вантажу, перемістившись на відстань $x_0 = 30$ м.

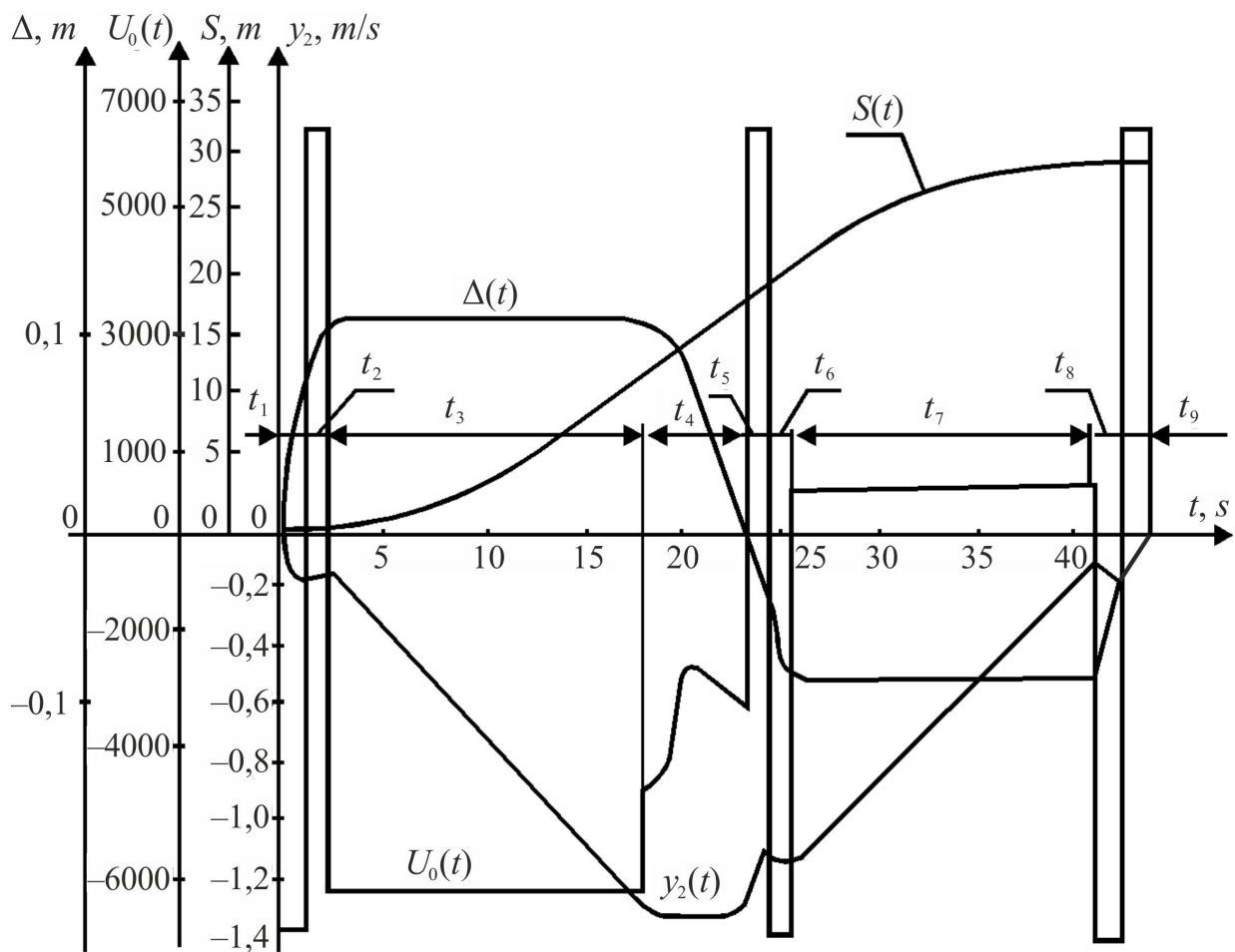


Рис. 1.90. Графіки перехідних процесів мостового крана вантажопідйомністю 30/5 т

На рис. 1.90 наведені залежності швидкості, шляху пересування крана, зусилля, яке розвивається у валопроводі і відхилення вантажу від циклу при оптимальному за швидкодією керування і заданих обмеженнях.

1.9.4. Точність зупинки основних кранових механізмів

Питання точності зупинки кранових механізмів є особливим. Вимоги з точності зупинки основних механізмів крана наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Вимоги до точності зупинки

№ з/п	Найменування крана	Похибка, мм			Примітка
		Найменування механізму			
		підйом	візок	масштаб	
1	Навісні стелажні	1,0	1,0	вантажоза-хватний пристрій 0,1	Установлені у при-міщенні складів, наприклад, радіо-деталей у радіо-промисловості
2	Самохідні	2,0	2,0	2,0	
3	Шверові	5,0	5,0	5,0	Обслуговування електролітичних ванн
4	Мостові завантажувальні	10,0	5,0	5,0	Для складання состава виливниць ливарного виробництва
5	Штабелери	10,0	10,0	10,0	
6	Козлові, мостові, контейнерні	30,0	30,0	30,	
7	Причальні грейферно-бункерні перевантажувачі	30,0	25,0	30,0	
8	Мостові двох- і тривізкові	30,0	25,0	30,0	

При розробленні вимог до кранів і кранових приводів із заданою точністю зупинки варто керуватися такими положеннями [11, 13]:

1. Вибір діапазону регулювання швидкості (робочої й наведення на ціль, пов'язану із заданою похибкою точної зупинки механізмів крана ΔS , що визначається зміною величин F_c , F_T , m , S складним чином. Крім того, при розрахунку ΔS роблять припущення:

- ✓ металоконструкція абсолютно жорстка, хоча в дійсності вона пружна в горизонтальній площині;
- ✓ характеристики двигуна відповідають каталожним даним, хоча в дійсності вони відрізняються.

У зв'язку із цим необхідно оцінити вплив на точність зупинки крана зазначених факторів. Крім того, для механізмів високої й надвисокої точності зупинки (табл. 1.2) потрібно враховувати середньостатистичну похибку точної зупинки ΔS , викликану нестабільністю спрацьовування в часі пристроїв і механізмів блоку керування (наприклад, час спрацьовування реле, механічних гальм, зміна в часі характеристик двигуна, похибки в роботі програмного забезпечення мікропроцесора при різних роботах операторів-кранівників і т.п.)

Таблиця 1.2 – Типи кранового механізму

№ з/п	Тип кранового механізму за точністю зупинки	Похибки зупинки, мм
1.	Прецизійні механізми вантажозахоплення	0,1 – 0,2
2.	Механізми надвисокої точності	0,5 – 2,0
3.	Механізми високої точності	2,0 – 3,0
4.	Механізми підвищеної точності	5,0 – 10,0
5.	Механізми середньої точності	25,0 – 50,0
6.	Механізми низької точності	100,0 – 200,0

Порядок обліку похибки точної зупинки наступний. У загальному випадку процес руху перед точною зупинкою крана під керуванням мікроЕОМ можна розбити на чотири етапи:

1. Рух крана з номінальною швидкістю від моменту ухвалення рішення про зупинку:

- від датчика, що сигналізує про необхідність зупинки (наприклад, датчик наведення на ціль й захоплення цілі в системах оптимального керування мостовими металургійними кранами для збирання складу ливарного виробництва зі зворотним зв'язком з точності зупинки)
- за командою кранівника-оператора, що визначає «на око» момент і місце зупинки при роботі мікропроцесорної системи оптимального керування в режимі «підтримка» для гасіння коливання вантажу, обмеження коливання, обмеження припустимої траєкторії руху й т.д.;

- за командою мікроЕОМ при розрахунку моментів перемикання для організації оптимального керування й т.п., до моменту надходження імпульсу на відключення електроапаратури.

2. Рух з моменту надходження імпульсу на відхилення до початку спрацьовування електроапаратури.

3. Гальмування після відключення двигуна до накладення механічного або електричного гальма (вільний вибіг).

4. Гальмування під дією сил опору гальма до повної зупинки.

Зробимо наближений теоретичний розрахунок похибки точної зупинки для цих чотирьох етапів, без обліку впливу пружності металоконструкції й відмінності характеристик двигуна від каталожних даних.

Перший етап визначається часом вироблення імпульсу на відключення електроапаратури $t_{\text{відкл}}$, тобто часом спрацьовування датчика точної зупинки (наведення на ціль й захоплення цілі) – $t_g + \Delta t_g$, де Δt_g – розкид t_g , що визначається нестабільністю спрацьовування датчика при виробленні імпульсу спрацьовування, наприклад, нестабільністю ΔS_g (рис. 1.91). На рисунку показано як найпростіший датчик зворотного зв'язку – кінцевий вимикач типу ВП-15Д для ілюстрації впливу похибки його спрацьовування на точність зупинки. У реальних кранових системах, наприклад, у металургійному мостовому крані для збирання складу «виливниць» ливарного виробництва (КССІ), застосовують як датчик зворотного зв'язку наведення на ціль й захопленні цілі, складний електричний пристрій, що має інфрачервоний передавач і приймач.

На рис. 1.91 показано: 1 – контактні пластини для спрацьовування кінцевого вимикача, установлені на механізмі, що рухається, якщо датчик установлюється біля нерухомої цілі, і навпаки, – датчик установлений на механізмі, що рухається, а контактні пластини на шляху до цілі й служать засобом наведення на ціль й захоплення цілі. МікроЕОМ запам'ятовує порядковий номер кожної пластини. 2 – кінцеві вимикачі; 3 – рухома штанга датчика; 4 – контактне колесо; ϕ_g – значення сигналу, вироблюваного датчиком 2; t_1 – період часу контактів датчика; $t_1 - t_2$ – період часу замикання контактів датчиків; Δt_g – величина наростання фронту; $(t_1, t_2 \div t_2 - t_3)$ – період утримання замкнутих контактів

датчика при відхиленні штанги 3; $t_3 - t_4$ – період достовірного спрацювання системи φ_g .

На рис. 1.92 показано: 1 – цифровий контролер (мікропроцесорний контролер), що організує роботу датчика наведення на ціль й захоплення цілі, передачу інформації в бортову мікроЕОМ у вигляді біт-послідовного двійкового коду за протоколом ІРПС, перетворення фазових величин відстані в нормальний двійковий код і т.п.; 2 – пристрій порівняння переданих і прийнятих сигналів; 3 – передавач інфрачервоного (ІЧ) випромінювання з «широкою» діаграмою спрямованості; 5.1, 5.2, 5.3 – приймачі ІЧ-випромінювання з «вузькою» діаграмою спрямованості; 4 – фазовий перетворювач і комутатор.

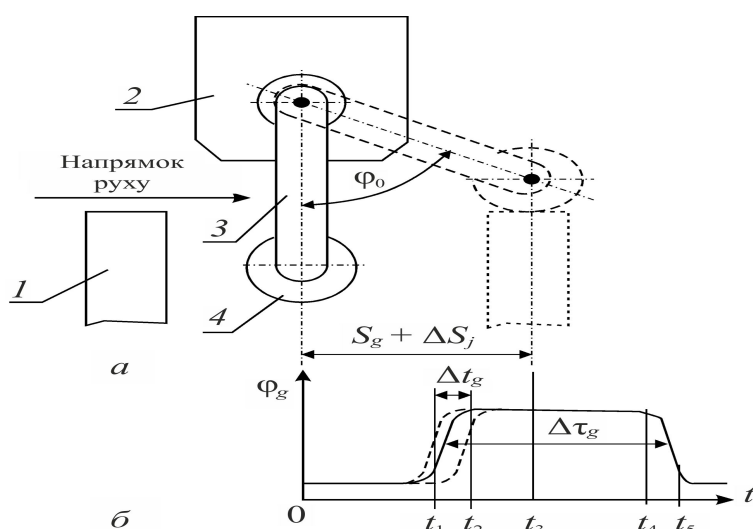


Рис. 1.91. Схема кінцевого вимикача типу ВП-15Д

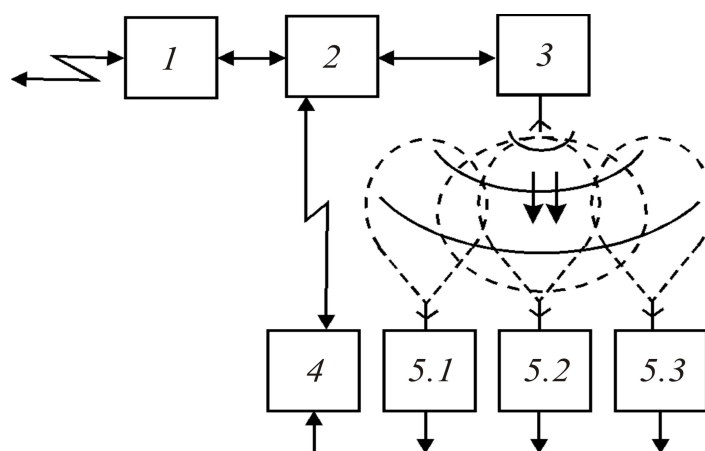


Рис. 1.92. Узагальнююча структурна схема мікроЕОМ металургійного крана для складування виливниць

При русі з номінальною швидкістю V_H :

$$t_g = (t_3 - t_1) \pm \Delta t_g \pm k(t_2 - t_1) < \tau_g; \quad (1.32)$$

$$\Delta S_g = V_{\text{ном}} \cdot t_3; \quad (1.33)$$

$$\Delta S'_g = V_{\text{ном}} \cdot \tau_g. \quad (1.34)$$

Формули (1.32), (1.33), (1.34) можуть застосовуватися не скрізь, а при певній конструкції датчика й формуванні сигналу $\phi_g(\tau_g)$. При цьому в (1.32) величина k показує якість спрацьовування контактів датчика й ступінь формування фронту імпульсу ϕ_g формувачем, а також пристроєм уведення сигналу ϕ_g у мікроЕОМ. Величина Δt_g досліджується експериментально й приймається за шукане середньоквадратичне його значення або розраховується приблизно за формулами.

У такий спосіб

$$t_g = (t_{\Phi}^{01} + t_{\Phi}^{10}) + (t_3 - t_1), \quad (1.35)$$

Δt_g – визначаємо експериментально для конкретного датчика.
Похибка точності зупинки:

$$\Delta S_g^K = V_{\text{ном}} (t'_g \pm \Delta t_g); \quad (1.36)$$

$$\Delta S_g^K = \Delta V_{\text{ном}} (t'_g \pm \Delta t_g). \quad (1.37)$$

Звідси видно, що для підвищення точності зупинки й скорочення середнього гальмівного шляху необхідні такі заходи: збільшення жорсткості механічної характеристики малої швидкості, використання формувачів типу Триггера–Шмідта для збільшення крутості фронту ϕ_g , використання диференціальних ланцюжків у формувачі для зменшення $\tau_g \ll t_g$, підвищення перешкодозахищеності ліній зв'язку з датчиком, його контролером і формувачем з метою виключення помилкового спрацьовування, застосування електронних датчиків механічного типу, де можна звести $\Delta t_g = 0$. Визначити точність зупинки кранового

механізму за командою оператора-кранівника при ручному керуванні, як правило, немає необхідності, оскільки:

1. Кранівник інтуїтивно, за досвідом, угадуючи момент відключення електроапаратури, уже з огляду на комплексну похибку «свого» крана й точність влучення в ціль, визначається ступенем того моменту, коли необхідна подача імпульсу відключення апаратури.

2. У недосвідченого кранівника, як правило, власна його похибка при влученні в ціль значно перевищувала похибку механізмів крана. Однак робота досвідчених крановиків на неавтоматизованих кранах з вимогами точної зупинки показала:

1) Для зменшення похибки людини при наведенні крана на мету потрібні спеціальні засоби. Як відзначалося вище, це застосування навідної швидкості зі співвідношенням 10:1–20:1, жорсткість механічних характеристик, застосування спеціальних електроприводів, ергономічний пульт керування кранівника, застосування спеціальних засобів: наприклад, гідромуфти й т.п. При цьому подібне завдання вирішувалося в кожному конкретному випадку застосування крана, з точною зупинкою, оскільки застосування спеціалізованих засобів, наприклад, гідромуфти, приводилося як до позитивних, так і до негативних результатів – збільшувалися плавність пуску й гальмування механізму, але різко ускладнилося «відчування» механізму людиною.

2) Використання методики розрахунку точної зупинки крана для другого, третього, четвертого етапу процесу руху перед точною зупинкою механізму задовольняє вимогам розрахунку похибки як для автоматичного керування під дією мікроЕОМ, мікропроцесорного контролера або жорсткого пристрою дискретної техніки, так і під управлінням людини – зважаючи на момент виникнення імпульсу φ_g на відключення апаратури – момент повороту рукоятки. Таким чином, всі заходи другого, третього, четвертого етапу задовольняють ручний режим роботи. Однак при роботі кранового механізму в ручному режимі оператора-кранівника з «підтримкою» від мікроЕОМ уводиться нова якість – можливість відключення електроапаратури як під впливом людини оператора, так і під дією мікроЕОМ. Це означає, що при наближенні до мети зупинки можливо точно задавати

пріоритет відключення електроапаратури людиною й мікроЕОМ, таким чином, що, наприклад, на ціль наводить мікроЕОМ і виробляє імпульс відключення, якщо оператор-кранівник подібного імпульсу не виробив. При цьому до другого, третього, четвертого етапу розрахунку похибки точної зупинки додається перший етап при зупинці за допомогою датчика зворотного зв'язку точної зупинки, як показано вище, або за командою мікроЕОМ, отриманою за допомогою розрахунку тимчасових моментів відключення апаратури, як показано нижче.

Визначення точності зупинки кранового механізму за командою мікроЕОМ при розрахунку моменту виникнення імпульсу на відхилення апаратури представляє інколи значну складність, у ряді випадків – ураховується автоматично самою мікроЕОМ і не вносить похибки.

На рис. 1.93 показано узагальнену структурну схему мікроЕОМ, де: 1 – датчик точної зупинки; 2 – лінія зв'язку; 3 – пристрій введення й перетворення символів датчика; 4 – центральний процесор мікроЕОМ; 5 – оперативний запам'ятовувальний пристрій; 6 – пристрій виведення дискретних сигналів керування приводами механізмів крана; 7 – електроапаратура вмикання-вимикання електроприводу.

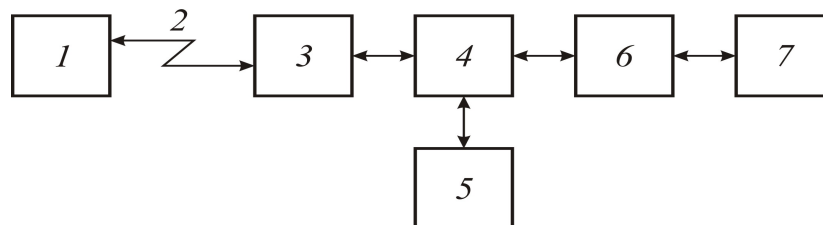


Рис. 1.93. Узагальнена схема мікроЕОМ, що забезпечує точну зупинку

Період часу для прийому сигналів ϕ_g від датчика по лінії зв'язку 2 і потім у реєстр опитування даних процесором у пристрої введення й запис, передача імпульсу відхилення реєстра даних пристроїв виведення 6 у блок електроапаратури 7 носить постійний характер, має значення близько 1–100 мс і може бути врахований розташуванням датчика 1 поперед цілі й на відстані:

$$\Delta S_n = t_p \cdot V_{\text{ном}};$$

$$t_p = t_{33} + \gamma t_{32} + t_{36} + t_{37} + t_{\text{по}}, \quad (1.38)$$

де t_{33} – час запису перетворення даних у пристрої введення 3,

t_{32} – час однократної передачі даних по лінії зв'язку 2 від датчика 1 до пристрою введення 3;

t_{36} – час запису даних у регістр пристрою виведення дискретсимволів 6;

t_{37} – час передачі сигналу від пристрою виведення 6 в електроапаратуру вмикання-вимикання електроприводу;

γ – коефіцієнт вірогідності прийому даних, $\gamma = 1, 2, 3$, при повторному прийомі даних з контролем по парності-непарності відповідно до протоколу ІРПС. При найпростіших лініях зв'язку, коли датчик являє собою кінцевий вимикач типу ВП15Д, лінія зв'язку – двопроводну лінію із протоколом обміну релейного типу «так-ні», а пристрій введення 3 – пристрій введення дискретних сигналів, то $\gamma = 1$, а $t_{32} > 0$;

$t_{\text{по}}$ час роботи прикладного й системного забезпечення для прийому даних, обробки даних, вироблення імпульсу відключення, виведення сервісної інформації на монітор оператору-кранівнику до виникнення моменту відхилення

$$t_{\text{по}} = t_{\text{вв}} + t_{\text{вив}} + t_{\text{сер}} + t_{\text{роз}}, \quad (1.39)$$

де $t_{\text{вв}}$ – час роботи прикладної програми з введення й обробки даних в оперативний запам'ятовувальний пристрій 5 із пристрою 3 за допомогою процесора 4, величина $t_{\text{вв}}$ залежить від типу застосовуваної мікроЕОМ: її систем команд, часу циклу процесора й мікропроцесора, швидкодії пам'яті й програмного режиму роботи мікроЕОМ (за сигналом «Готовність» пристрою уведення або сигналу «Запит переривання»), швидкодії системи обробки переривання мікроЕОМ;

$t_{\text{вив}}$ – час роботи прикладної програми з виведення сигналу відключення на пристрій виведення з характеристиками аналогічними $t_{\text{вв}}$;

$t_{\text{сер}}$ – час виконання прикладної програми виведення технологічної інформації на екран монітора. Величина цього періоду часу значна й може досягати 1–2 с, отже необхідно, по можливості, виключати необхідність виведення інформації операторові кранівнику за технологією до моменту вироблення імпульсу відхилення;

$t_{\text{роз}}$ – час виконання прикладної програми розрахунку моменту імпульсу відхилення.

При цьому $t_{\text{розрах}}$ має подвійний характер:

1. Коли мікроЕОМ не робить складних розрахунків, що мають нерегулярний характер часу роботи програми, наприклад, зупинка механізму крана за сигналом від датчика. У цьому випадку $t_{\text{роз}}$ визначається також, як і $t_{\text{вв}}$, $t_{\text{вив}}$, і крім того, служить для обліку всіх часів затримки й обробки сигналу від датчика до виконавчого механізму приводу з метою позиційного корегування місця установки датчика зворотного зв'язка на якійсь відстані від цілі.

2. Коли мікроЕОМ робить складні розрахунки, що мають нерегулярний характер часу роботи програми, наприклад, виконання супутньої програми для гасіння коливань вантажу в процесі або наприкінці руху й т.п. У цьому випадку $t_{\text{роз}}$ визначається середньостатистичною величиною, розкид $\Delta t_{\text{роз}}$ – якістю й можливістю написання супутньої програми програмістом-розробником.

При цьому: $t_{\text{роз}} = at_{\text{роз}}$, де a – коефіцієнт, може приймати значення від часток $t_{\text{роз}}$ до одиниць і десятків $t_{\text{роз}}$.

Для первинної розробки системи керування до її збереження й визначення $t_{\text{роз}}$, $\Delta t_{\text{роз}}$ визначається експериментально. Значення $\Delta t_{\text{роз}}$ можна одержати при складанні Бейсмарковської програми роботи мікропроцесора при моделюванні завдання гасіння коливань на мікроЕОМ, з точністю до порядку. Таким чином, точність зупинки розраховується як

$$\Delta S_p^K = V_{\text{ном}} (t_{33} + \gamma t_{32} + t_{36} + t_{37} + t_{\text{вв}} + t_{\text{вив}} + t_{\text{сер}}) + \\ + V_{\text{ном}} (a + 1) t_{\text{роз}} = V_{\text{ном}} (t_{\text{заг}} + \gamma t_{32} (a + 1) t_{\text{роз}}); \quad (1.40)$$

$$\Delta S_p^K = V_{\text{ном}} (t_{\text{заг}} + \gamma t_{32} (a + 1) t_{\text{роз}}). \quad (1.41)$$

Другий етап гальмування. Протягом часу t_a , обумовленого сумою власного спрацьовування електроапаратури, триває рух механізму до вимикання електродвигуна. Тоді

$$\Delta S_2 = V_{\text{ном}} (t_a + \Delta t_a); \quad (1.42)$$

$$\Delta \Delta S_2 = \Delta V_{\text{ном}} (t_a + \Delta t_a), \quad (1.43)$$

де Δt_a – розкид, обумовлений нестабільністю спрацювання контактів реле.

У момент надходження імпульсу на вимкнення зміни статичної сили опору F_c , унаслідок невеликої величини β , змінюється швидкість обертання двигуна. Запишемо $V = V_0 + at$.

Диференціал шляху дорівнює: $d = Vdt + atdt$, де a – прискорення механізму.

Шлях виражається інтегралом: $S_2 = V \int_0^{t_a} dt + a \int_0^{t_a} tdt$, або з

огляду на $\pm F_c$, $S_2 = Vt_a \pm \frac{at^2}{2}$.

Максимальний і мінімальний шляхи будуть мати місце при великому часі відпрацювання сигналу на відхилення – $t_{a \max}$:

$$\Delta S_{2 \max} = \frac{at_{a \max}^2}{2};$$

$$\Delta S_{2 \min} \gg 0.$$

При відносно великій жорсткості механічної характеристики

$$\Delta S_2 = V \Delta t_a. \quad (1.44)$$

У загальному вигляді другий етап після сигналу на точну зупинку буде:

$$\Delta S_2 = V \Delta t_{a0} (K_V + K_t), \quad (1.45)$$

де $K_t = \left(1 - \frac{t_{a \min}}{t_{a \max}}\right) / \left(1 + \frac{t_{a \min}}{t_{a \max}}\right)$ – коефіцієнт відносної зміни середнього часу спрацювання електроапаратури;

$K_V = \left(1 - \frac{V_{\min}}{V_{\max}}\right) / \left(1 + \frac{V_{\min}}{V_{\max}}\right)$ – коефіцієнт відносної зміни швидкості.

Середній шлях до відключення

$$S_{02} = Vt_{a0} (1 + K_V K_t), \quad \Delta S_2 = Vt_{a0} (K_V + K_{ta}) \quad (1.46)$$

з урахуванням (1.44), (1.45):

$$\Delta S_2 = S_{02} \frac{K_V + K_t}{1 + K_V + K_{ta}}.$$

Звідси випливає, що для підвищення точності зупинки й скорочення середнього гальмівного шляху необхідно збільшити жорсткість механічної характеристики малої швидкості, використовувати швидкодіючі апарати, скоротити кількість послідовно діючих апаратів.

1.9.4.1. Сучасні велосипедні крани-штабелери фірми «Demag». При створенні велосипедних кранів не передбачалося, що вони стануть основним засобом механізації сучасних автоматизованих складів.

Економічне складування вантажів за допомогою велосипедних кранів-штабелерів скорочує витрати на збереження і розподіл вантажів завдяки оптимальному використанню складського приміщення, скороченню часу, який витрачається на операції товарообігу, і раціональній кількості персоналу. На рис. 1.94 наведені велосипедні крани-штабелери фірми «Demag», за допомогою яких забезпечується швидкий і безперешкодний доступ до вантажу, а також безпечні і кращі умови праці для обслуговуючого персоналу.

- Велосипедні крани-штабелери «Дестамат І» для автоматичного транспортування вантажів вагою до 2000 кг. Однобалковий піднімальний візок з телескопуючими вилами і кабіною керування (пункт керування, наприклад, при поточному відході). Висувний механізм: вили типу DS із двохсинусоїдальним приводом. За запитом можуть передбачатися вили з подвійною глибиною ходу для захоплення тари у спарених стелажах. Керування кранами-штабелерами від підсистеми «Дематик 88 R». Введення інформації може проводитися з клавіатури, від зчитувача баркода чи прямо від ЕОМ. Передача інформації здійснюється датчиками інфрачервоних променів.

- Велосипедні крани-штабелери «Дестамат Z» двомачтового виконання для транспортування вантажів і касет довжиною до 8 м, великогабаритних піддонів і вантажів масою до 5000 кг. Піднімальний візок зі спареними вилами для одночасних чи роздільних операцій завантаження і розвантаження двох вантажних пакетів.

За запитом мається можливість передбачати піднімальний візок із платформою для комплектування вантажів. Керування кранами-штабелерами здійснюється переважно в автоматичному режимі від підсистеми Дематик 88 R. Ручне керування проводиться з кабіни, встановленої на піднімальному візку. У традиційних складах для комплектування вантажів зі стелажми в один чи кілька ярусів потрібна велика площа для збереження і комплектування вантажів. У

таких складах нерідко комплектувальники вручну, на ділянках великої протяжності переміщують візок під комплектуючий вантаж. Незручні зони доступу ускладнюють роботу (рис. 1.95).

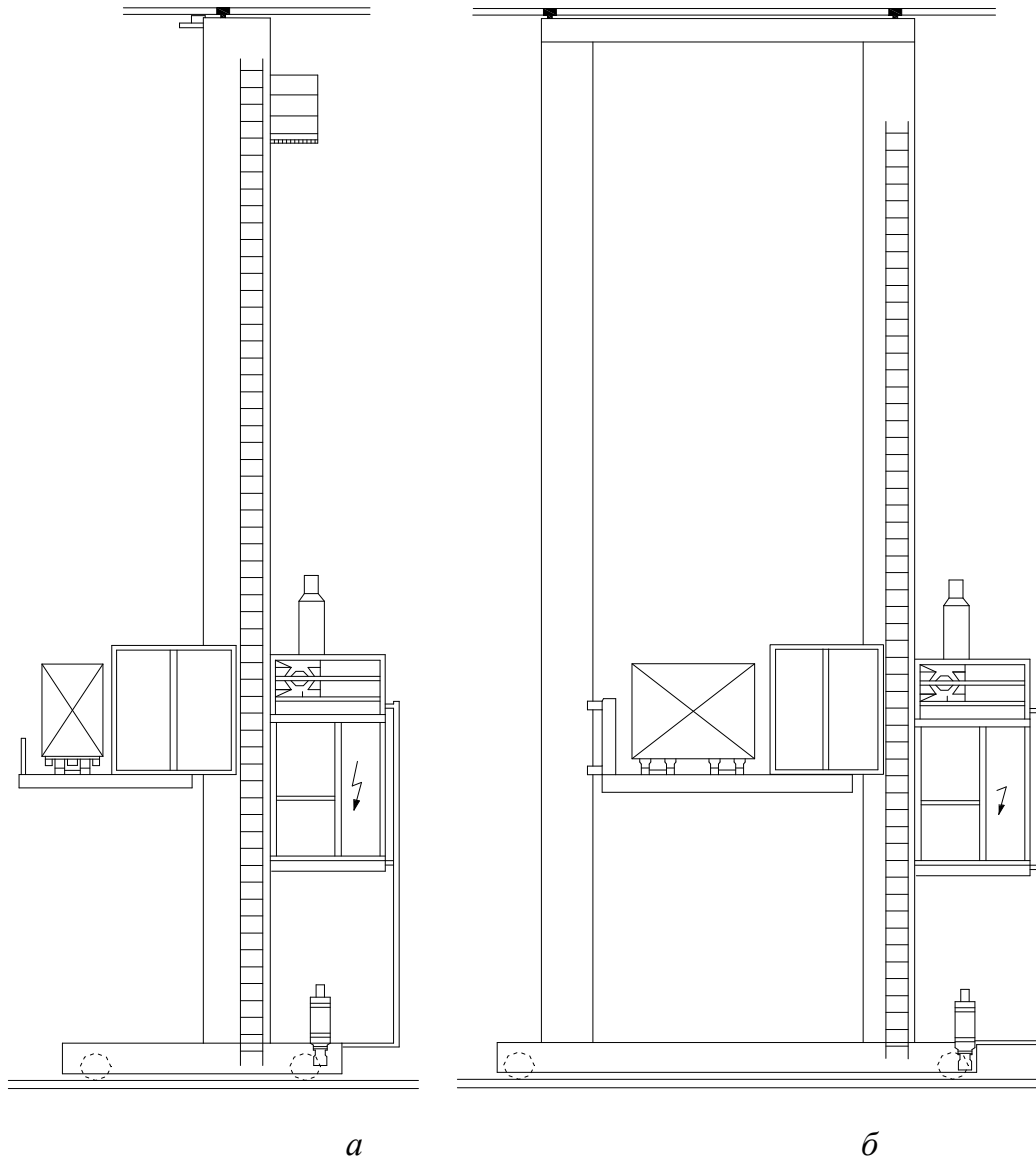


Рис. 1.94. Велосипедні крани-штабелери фірми Demag Дестамат I і Z:

a – Дестамат I:

- вантажопідйомність 2000 кг;
- висота штабелера max 45 м;
- ширина проходу 1500 мм;
- швидкість підйому (опускання) від 1 до 60 м/хв;
- швидкість переміщення – 2–160 м/хв;
- швидкість телескопування вильоту вильоту від 24 до 48 м/хв

б – Дестамат Z:

- вантажопідйомність 5000 кг;
- висота штабелера max 40 м;
- ширина проходу 1500 мм;
- швидкість підйому (опускання) від 1 до 30 м/хв;
- швидкість переміщення – 2–160 м/хв;
- швидкість телескопування вильоту від 24 до 48 м/хв

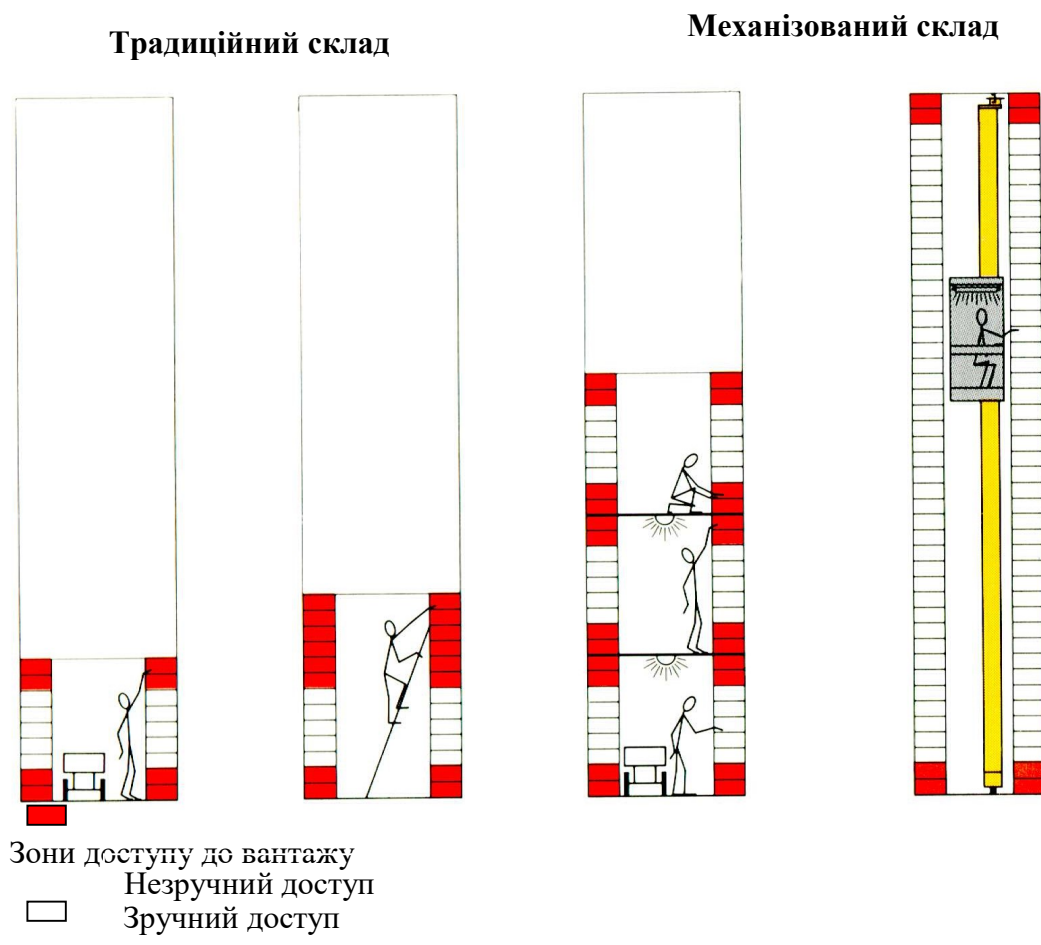


Рис. 1.95. Зони доступу у складах зі зберіганням вантажів в один чи кілька ярусів і висотний стелажний склад із застосуванням стелажних кранів-штабелерів

При використанні велосипедних кранів-штабелерів фірми «Demag» забезпечується ефективність процесу комплектування вантажів при мінімальних фізичних витратах. Велосипедні крани-штабелери – надійні транспортні засоби з вузькими шляхами проїзду і можуть використовуватися у складах будь-якої висоти.

Комплектувальник має можливість при одночасному переміщенні крана-штабелера і підйомі візка за короткий час забезпечити собі доступ до заданого місця збереження. Для того щоб ще більше полегшити умови праці, можуть передбачатися столи сталеві, кулькові і роликові, а також вантажопідйомні вили.

В автоматизованому складі для дрібних деталей реалізується принцип «вантаж до оператора». Завдяки цьому робота комплектувальника стає ще більш ефективною; вона зводиться до безпосередньої задачі, тобто комплектування виробів.

При цьому оператора на борту крана-штабелера немає. Продуктивні автоматизовані крани-штабелери з високим прискоренням і коротким часом циклів руху вантажів завантажують і розвантажують ящиків тару. Введення команд для переміщення та комплектування партій здійснюється в режимі «офф-лайн» або «он-лайн», наприклад, через кодоznімач прямо в режимі від ЕОМ керування складом. Добір вантажів перед зоною сховища дозволяє оптимально влаштувати робоче місце. Пристрій зони комплектування залежить переважно від організації роботи складу і продуктивності зони комплектування партій. Виконання зони комплектування варіюється між статичними місцями збирання тари і комплексних транспортних систем. Зони комплектування з U -подібним транспортним потоком дозволяють організувати буферний заділ вантажів, унаслідок чого можлива відповідність часу циклів крана-штабелера і часу комплектування партій.

При розв'язанні задачі оптимального керування краном як керуючого параметра найбільш доцільно обирати рушійне зусилля.

Для отримання найменшого часу перевантажувального циклу необхідно прикладати до візка максимально допустиме рушійне або гальмівне зусилля. У випадку, якщо є фазові обмеження на швидкість пересування візка або відхилення вантажу від вертикалі, необхідно, щоб система «візок – вантаж» у кожний момент часу знаходилась на одному з цих граничних обмеженнях.

Істотний резерв скорочення тривалості перевантажувального циклу міститься у виключенні втрат часу на гасіння коливань вантажу при розгоні, що в більшості випадків не потрібно за технологією. Для досягнення цієї мети розроблені алгоритми пошуку оптимального закону гальмування при ненульових початкових фазових координатах. У цьому випадку пересування візка на різні відстані здійснюється за різними законами керування. Серед цих законів керування можливі такі, при яких на заданій стадії циклу візок деякий час рухається у зворотному напрямі.

Фірма «Маннесманн Демаг Фордертехнік» споруджує в усьому світі підйомно-транспортні установки для всіх секторів виробництва і розподілу вантажів. Модульними елементами сис-

теми забезпечується оптимальна можливість механізації виробничих процесів (рис. 1.96).

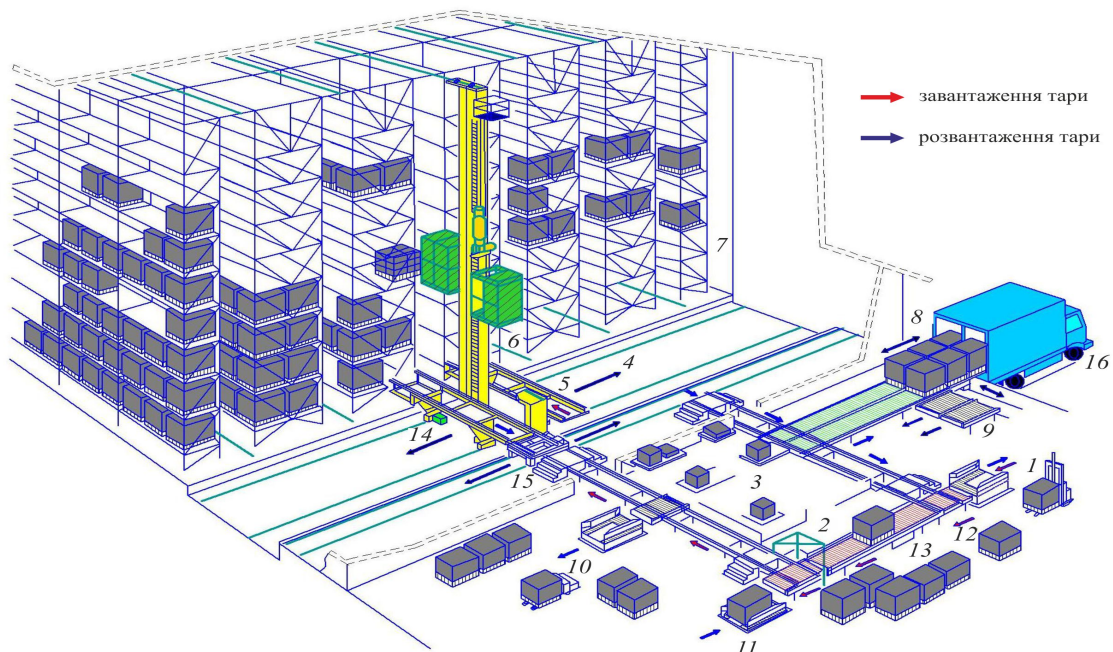


Рис. 1.96. Модульна будова комплексних систем:

- 1 – захоплення і передача тари; 2 – габаритний контроль;
- 3 – ідентифікаційний пункт; 4 – рівень завантаження тари; 5 – трансробот;
- 6 – кран-штабелер; 7 – висотний стелажний склад; 8 – автоматичне завантаження і розвантаження автомобілів; 9 – накопичувачі тари, що завантажуються в автомобіль; 10 – вивезення ушкодженої тари;
- 11 – завантаження тари в транспортну систему; 12 – роликовий піднімальний стіл; 13 – роликовий конвеєр; 14 – ланцюговий транспортер;
- 15 – механізований розподільний візок; 16 – автомобіль з ланцюговим транспортером на борту

При значних довжинах підвісу вантажу (більше 20 м) варто застосовувати закони керування з урахуванням обмеження максимального відхилення вантажу від вертикалі. У цьому випадку розгін і гальмування візка відбувається з утриманням вантажу у відхиленому стані, якщо утримуюча сила не перевищує допустимого значення.

Використовуючи метод фазової площини, можна подати увесь перевантажувальний цикл у вигляді кривих другого порядку і записати аналітичні вирази для визначення часових інтервалів. Розгін і гальмування візка зображуються на фазовій площині у вигляді кіл, а рух візка з номінальною швидкістю – у вигляді еліпса.

У тих випадках, коли маса вантажу значно більша від маси візка, з метою безпеки варто застосовувати закони керування з урахуванням обмеження на величину відхилення вантажу від вертикалі.

1.9.5. Інформаційно-керуючі системи для проведення стендових експериментальних досліджень

1.9.5.1. Інформаційна система стенда роздільного механізму пересування крана. Вимірювані величини і прилади

Відпрацювання усіх елементів гідростатичного приводу і перевірка його працездатності потребує проведення тривалих експериментальних досліджень у стендових умовах з урахуванням специфіки роботи кранових механізмів.

На рис. 1.97 показано схему конструкції стенда для дослідження роботи роздільного гідростатичного приводу механізму пересування мостового крана з низькомоментним гідродвигуном. Стенд дозволяє досліджувати роботу приводу при пуско-гальмівних та сталих режимах.

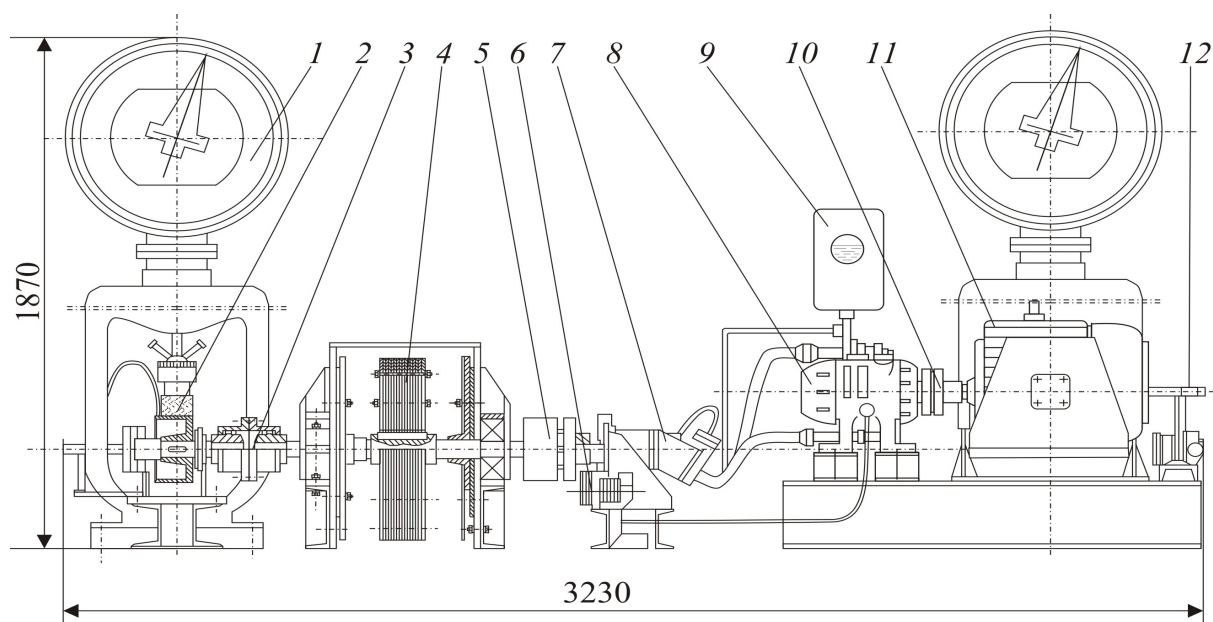


Рис. 1.97. Експериментальний стенд для дослідження роботи роздільного гідростатичного приводу механізму пересування мостового крана з низькомоментним гідродвигуном: 1 – ваговий пристрій ВКМ-17; 2 – навантажувач; 3 – муфта; 4 – махові маси; 5 – муфта гідромотора; 6 – тахогенератор; 7 – гідромотор; 8 – гідронасос; 9 – поповнювальний бачок; 10 – муфта; 11 – електродвигун привідний; 12 – тахогенератор

Основними вузлами стенда є: привідний електродвигун АО-62-4 11, аксіально-поршневий керований насос ПД № 5 8, аксіально-поршневий гідромотор 11М №5 некерованої продуктивності 7, махові маси 4, навантажувач 2.

Для візуального заміру обертального моменту, який розвиває гідропривід (у встановленому режимі) із привідним електродвигуном, служать вагові пристрої 1 типу ВКМ-17. Ці вагові пристрої визначаються високою точністю заміру зусиль (до 50 г) і реверсивністю дії; вони мають здатність здійснювати відлік при будь-якому напрямку обертання крутного моменту (зусилля).

Висока точність ваг особливо важлива для визначення ККД. Однією з позитивних якостей пристроїв ВКМ-17 є також малий розмір площі, яку вони займають у плані.

Для передачі обертального моменту на ваговий пристрій електродвигун обладнаний балансирним пристроєм.

Обертові махові маси 4 становлять набір дисків різної товщини. Конструкція махових мас дає можливість імітувати і підбирати будь-яку приведену до вала гідромотора кранову масу. Змінюючи кількість і товщину дисків, можна навантажувати гідродвигун маховими масами у діапазоні, що відповідає крану без вантажу або з вантажем.

Для запобігання небажаної незбалансованості махові маси зазнають статичного та динамічного балансування. Навантажувач 2 являє собою гальмівний пристрій для поглинання потужності, що розвиває гідродвигун. Конструктивно він виконаний у вигляді шків, який насаджений на вал, що обертається у підшипниках. Шків обхоплюється стрічкою з гальмівною накладкою. Зусилля зтяжки регулюється за допомогою двох баранцевих гайок.

Для кращого відведення тепла гальмівний шків охолоджується проточною водою. Навантажувач утворює статичний момент пересування мостового крана (який діє на окремий привід), приведений до вала гідромотора. Така конструкція навантажувача дозволяє проводити тривалі експерименти без пригару гальмівних накладок.

З усіх відомих конструкцій навантажувачів використана у цьому стенді найкраще відповідає умовам постійності крутного моменту, що знімається у широкому діапазоні швидкостей (0–1000 об/хв).

Відомі конструкції гідромоторів та індукційних гальм таким вимогам не відповідають.

Розглянута конструкція стенда дає можливість визначити такі параметри.

Швидкість обертання гідромотора і привідного електродвигуна фіксується на осцилографі за допомогою тахогенераторів постійного струму з самозбудженням ТМГ-30 П, встановлених біля гідромотора й електродвигуна. Швидкість обертання гідромотора можна також визначити візуально за показниками вольтметра постійного струму М359. Таруються тахогенератори за допомогою високоточних тахометрів часового типу. При низькій швидкості обертання гідромотора точну кількість обертів за визначений проміжок часу визначаються за допомогою імпульсних датчиків обертів. Для точного визначення величини падіння обертів електродвигуна у двигуновому режимі і підвищення обертів у генераторному режимі в районі синхронної кількості обертів нами було застосовувано спеціальну магнітну систему в комплекті з чутливим стрілковим гальванометром. Кількість повних коливань стрілки гальванометра за хвилину показує різницю між кількістю обертів поля статора і кількістю обертів ротора електродвигуна за цей період, тобто ковзання.

Крутні моменти, які розвиває електродвигун і гідродвигун, записуються за допомогою тензодатчиків, що наклеєні на відповідні вали. Для передачі сигналів від тензодатчиків до підсилювача 8-АН4-7М використовують ртутні струмознімачі з достатньо малим перехідним опором. Такі струмознімачі забезпечують високу якість запису крутних моментів на осцилографі.

У процесі проведення експериментів крутний момент, що розвивається електродвигуном у перехідних режимах, виявилось більш доцільно (у зв'язку з балансирним виконанням електродвигуна) записувати на осцилограф за допомогою балки з наклеєними тензодатчиками. Один кінець балки при цьому жорстко закріплено до корпусу електродвигуна, а інший – обпирається на призми стояка, жорстко закріпленого на станині стенда.

Тарирування датчиків крутного моменту виконувалось за допомогою вантажів, закріплених на визначеному плечі. У сталих режимах крутні моменти визначались візуально за показниками вагових пристроїв.

Тиск у магістральних трубопроводах визначають за допомогою датчиків тиску. Сигнал від них через підсилювач потрапляє далі на осцилограф. Для візуального спостереження встановлено манометри. Тарування датчиків тиску виконувалось на вантажопоршневому манометрі МП-60. Температура мастила в насосі та гідромоторі визначається за показниками електронного автоматичного безреохордного мініатюрного самописного потенціометра типу ЕПСМ. У цьому випадку як датчик температури використовується термопара «хромель – копель».

Температура нагріву електродвигуна і мастила у поповнювальному бачку визначається за показниками ртутних термометрів. Для настроювання і тарування самописного потенціометра в комплекті з термопарами використовується термостат ТС-24.

Електронний потенціометр ЕПСМ використовується для запису температури при тривалих експериментах з визначення теплового режиму приводу при різній інтенсивності роботи.

У необхідних випадках разові короткочасні записи температури можуть бути зроблені і на осцилографі.

Продуктивність насоса (кут повороту вала силового керування) записується за допомогою реохордного датчика кутів повороту ПЛ-2 або ДУП-1. Візуально продуктивність визначається за лімбом, за ним також тарується датчик кута повороту.

Потужність, що споживається та рекуперується привідним електродвигуном, записується на осцилограф за допомогою вимірювального перетворювача потужності трифазних електричних ланцюгів типу П004, робота якого заснована на використанні ефекту Холла.

Візуально споживана потужність визначалась за показниками самописного ватметра Н-348. За цим пристроєм тарувались показники П004, що передавалися на осцилограф.

Відлік часу на папері осцилографа здійснювався за відмітками електричного контактного годинника.

Конструкція стенда передбачає можливість проведення тривалих експериментальних досліджень за заданою програмою (час розгону приводу, час роботи у заданому швидкісному режимі, час гальмування приводу, час пауз, напрямок обертання приводу, періодичність вмикання привідного електродвигуна та ін.) без втручання оператора.

Для проведення перелічених експериментів привід обладнано дистанційним керуючим пристроєм, який міститься на виконавчій ділянці панелі керування і командного електропневматичного пристрою КЕП-12У (на рисунках не показано).

За допомогою цих пристроїв можливо проведення досліджень температурних режимів приводу при різній інтенсивності роботи (ПВ = 15, 25, 40, 60 %).

Конструкція стенда і набір вимірювальної апаратури (рис. 1.98, 1.99) забезпечує також визначення діапазону регулювання швидкості обертання гідромотора при різному його завантаженні, дослідження роботи систем дистанційного керування, пуско-гальмівних режимів роботи гідростатичного приводу, процесів різних видів гальмування (рекуперативне, противмиканням, аварійне).

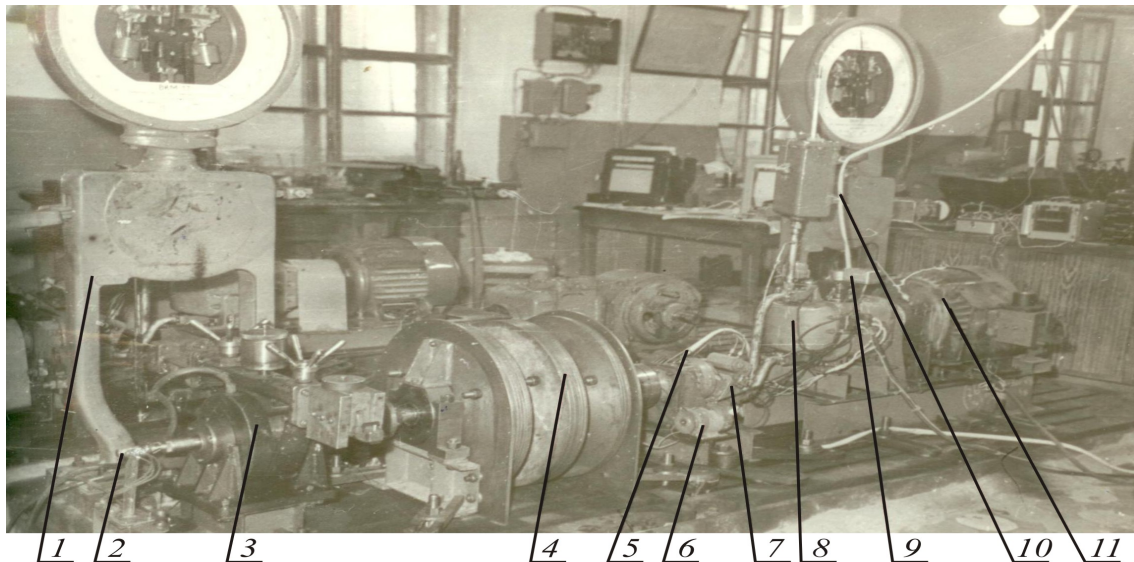


Рис. 1.98. Загальний вигляд стенда:

- 1 – ваговий пристрій; 2 – струмоприймач; 3 – навантажувач; 4 – махові маси;
5 – датчик температури гідромотора; 6 – тахогенератор гідромотора;
7 – гідромотор; 8 – насос; 9 – перетворювач ПФ; 10 – дроти термопари для вимірювання температури мастила насоса; 11 – електродвигун

На рис. 1.100 наведено електросхему стендових експериментальних досліджень гідростатичного приводу.

Проведення тривалих експериментальних досліджень у стендових умовах дає можливість всебічно дослідити роботу гідростатичного приводу, зняти його основні характеристики, відпрацювати системи дистанційного і програмного керування

приводом, перевірити працездатність окремих вузлів і створити передумови для теоретичного розрахунку привода механізмів пересування мостових кранів із низькомоментним гідродвигуном.

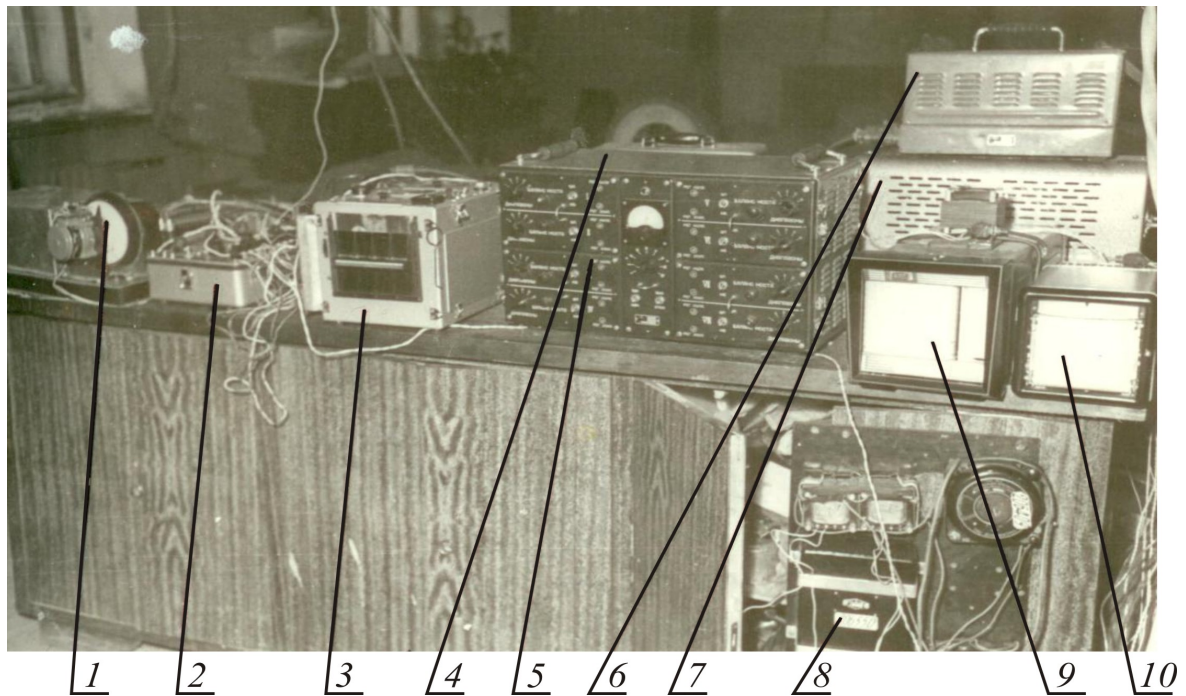


Рис. 1.99. Вимірювальна апаратура для стендових досліджень:
 1 – система автоматичного керування; 2 – магазин шунтів та резисторів; 3 – осцилограф Н-700; 4 – блок живлення осцилографа;
 5 – підсилювач 8-АН4-7М; 6 – блок живлення підсилювача;
 7 – стабілізатор напруги; 8 – перетворювач потужності П004;
 9 – потенціометр ЕПСМ; 10 – трифазний самописний ватметр Н-348

Надалі стенд механізму пересування був перероблений (рис. 1.102), основні зміни пов'язані з установкою гідромотора ПМ № 10 замість ПМ № 5 у зв'язку з необхідністю різкого підвищення терміну служби гідроприводу в цілому, що відповідає світовим тенденціям, коли при одній і тій самій навантаженості тиск зменшується у 2 рази, а крутний момент залишається постійним, що приводить до різкого підвищення терміну служби гідроприводу.

Крім того, стенд для дослідження роботи гідростатичного приводу механізму пересування й повороту з низькомоментним гідродвигуном оснащений сучасною апаратурою: системою керування (рис. 1.101), вимірювальною апаратурою (рис. 1.103, 1.105), органами керування насосом (рис. 1.104). Стенд дозволяє досліджувати роботу приводу при пуско-гальмівних і сталих режимах.

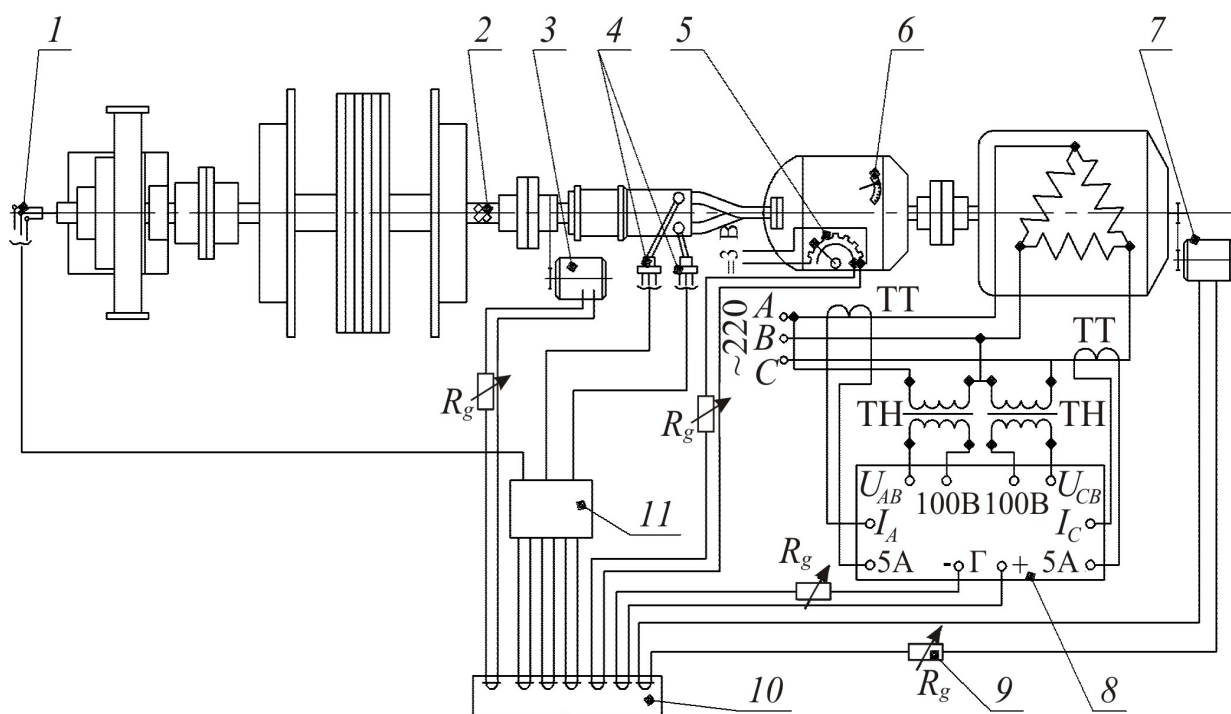


Рис. 1.100. Електросхема стендових експериментальних досліджень гідростатичного приводу: 1 – ртутний струмознімач; 2 – тензодатчик крутного моменту; 3, 7 – тахогенератор ТМГ-30П; 4 – датчики тиску мастила; 5 – датчик кута повороту; 6 – датчик температури; 8 – перетворювач потужності П004; 9 – додатковий резистор; 10 – осцилограф Н-700; 11 – тензометричний підсилювач 8АНЧ-7М; ТН – трансформатор напруги; ТС – трансформатор струму

Основними вузлами стенда (рис. 1.101) є: привідний електро-двигун АО-62-4 12, аксіально-поршневий регульований насос ПД № 5 10, аксіально-поршневий гідромотор ПМ №10 8, махові маси 6, навантажувач 3.

Обертові махові маси 6 складаються з набору дисків різної товщини. Конструкція махових мас дає можливість імітувати й підбирати махові маси, приведені до вала гідромотора, в широкому діапазоні. Варіюючи кількістю і товщиною дисків, можна навантажувати гідродвигун маховими масами в діапазоні, що відповідає крану з вантажем або без, або варіювати вантажопідйомністю й вильотом стріли в кранах стрілкового типу.

Розглянута конструкція стенда дає можливість визначити такі параметри.

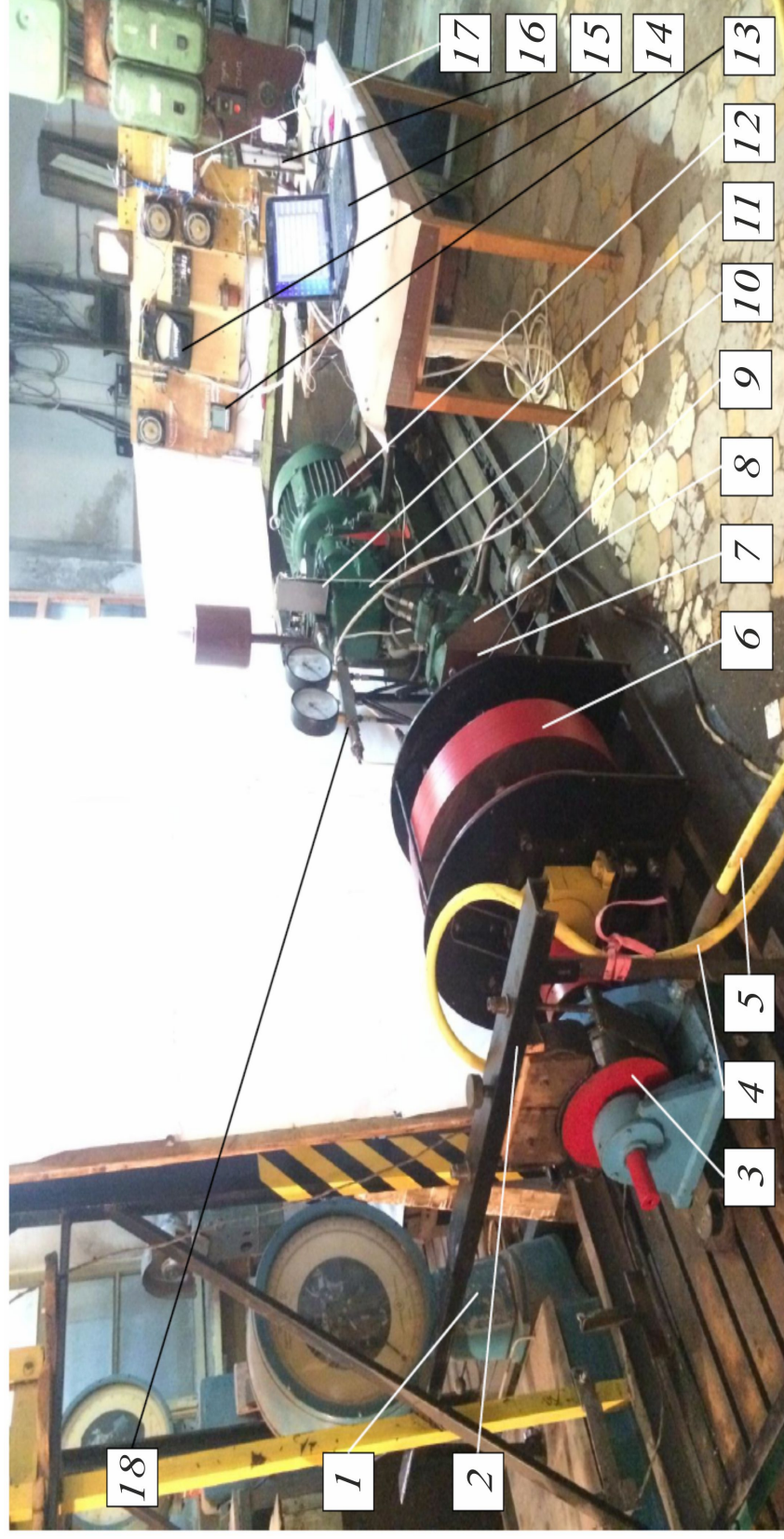


Рис. 1.101. Стенд для випробування механізму з об'ємним регульованим гідроприводом:

1 – ваги; 2 – важіль; 3 – навантажувач, що охолоджується водою, для імітації статичного моменту опору пересуванню або повороту; 4 – подача холодної води; 5 – відвід теплої води; 6 – махові маси для імітації моменту енергії обертових мас (імітуються параметри кранів широкого ряду вантажопідйомності); 7 – тензорадіодатчики для передачі моменту кручення на підсилювач і далі на АЦП; 8 – гідромотор ІМ № 10; 9 – тахогенератор ТМГ-30 П для запису швидкості обертання гідромотора; 10 – аксіально-поршневий насос ПД №5; 11 – виконуюча частина керуючої системи; 12 – електродвигун АО 62-4; 13 – датчик потужності; 14 – стрілковий ватметр; 15 – ноутбук; 16 – пульт пропорційного керування з селесин-датчика і селесин-приймача; 17 – перетворювач потужності E-846; 18 – блок вимірювання тиску в системі

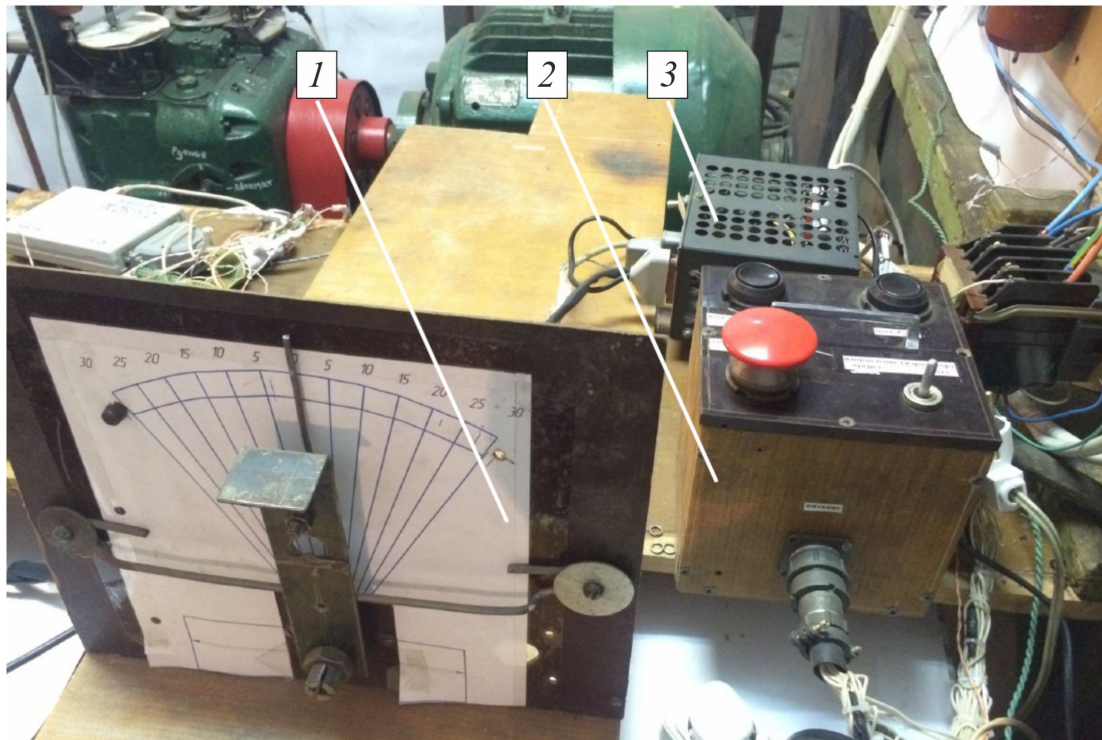


Рис. 1.102. Система керування:

1 – пульт пропорційного керування на основі сельсин-датчика і сельсин-приймача; 2 – пульт керування годинникової системи керування; 3 – блок живлення тензорезисторів датчиків тиску та кута повороту коліски насоса

Швидкість обертання гідромотора й привідного електродвигуна фіксується на комп'ютері через АЦП за допомогою тахогенераторів постійного струму із самозбудженням ТМГ-30П 9, установлених біля гідромотора й електродвигуна. Швидкість обертання може також визначатися візуально за показниками вольтметрів постійного струму типу М359. Таруються тахогенератори за допомогою високоточних тахометрів годинникового типу. При малій швидкості обертання гідромотора кількість обертів визначається за допомогою імпульсних датчиків обертів.

Крутні моменти, що розвиваються гідромотором, записуються за допомогою тензодатчиків, наклеєних на вал. Для передачі моменту кручення на підсилювач і далі на АЦП використовуються тензорадіодатчики.

Тиск у магістральних трубопроводах визначається за допомогою датчиків тиску трубчастого типу. Сигнал від них через підсилювач надходить далі на АЦП. Для візуального спостереження встановлено манометри 3 (рис. 1.103). Тарування датчиків тиску виконувалося на вантажопоршневому манометрі МП-60.

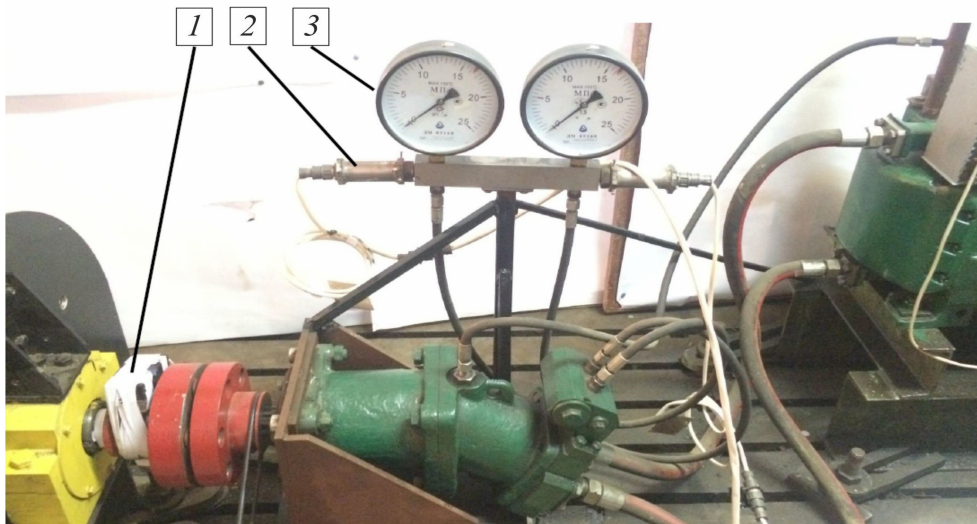


Рис. 1.103. Вимірювальна апаратура для стендових досліджень:
 1 – тензорадіодатчики для передачі моменту кручення на підсилювач і далі – на АЦП; 2 – тензорадіодатчики для передачі тиску; 3 – манометри

Продуктивність насоса (кут повороту вала силового керування) записується за допомогою реохордного датчика кутів повороту типу ПЛ-2 2 (рис. 1.104), або ДУП-1. Візуально продуктивність визначається за лімбом. За ним тарується датчик кута повороту.

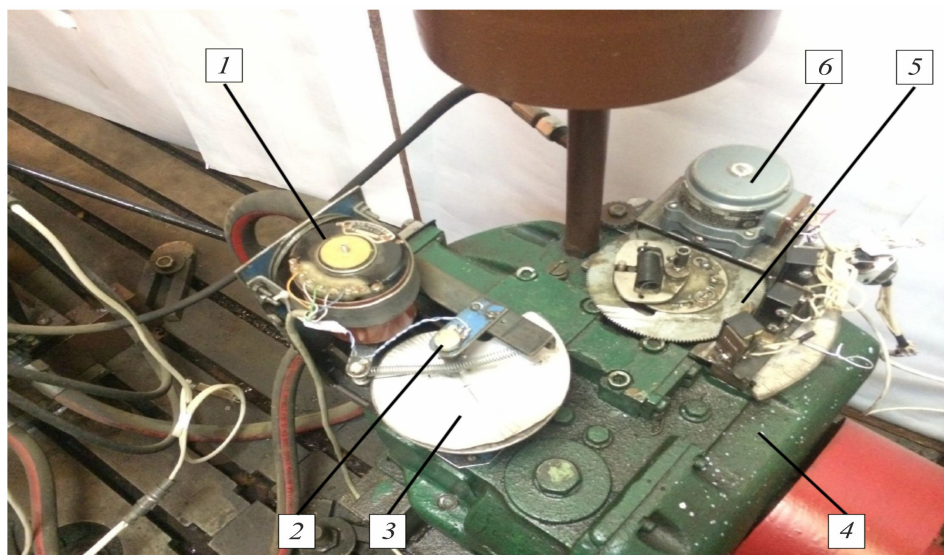


Рис. 1.104. Органи керування насосом: 1 – сельсин зворотного зв'язку; 2 – датчик кута повороту; 3 – лекало зворотного зв'язку; 4 – аксіально-поршневий насос ПД № 5; 5 – нуль-встановлювач; 6 – виконуючий серводвигун

Потужність, споживана і рекуперована приводним електродвигуном, записується на АЦП за допомогою вимірювального перетворювача потужності трифазних електричних ланцюгів типу Е-846М (рис. 1.105). Тарування перетворювача потужності виконується за допомогою двох послідовно підключених з ним стрілкових ватметрів.

Конструкція стенда передбачає можливість проведення тривалих експериментальних досліджень за заданою програмою (час розгону приводу, час роботи на заданому швидкісному режимі, час гальмування приводу, час пауз, напрямок обертання приводу, періодичність увімкнення привідного електродвигуна та ін.) без втручання оператора.

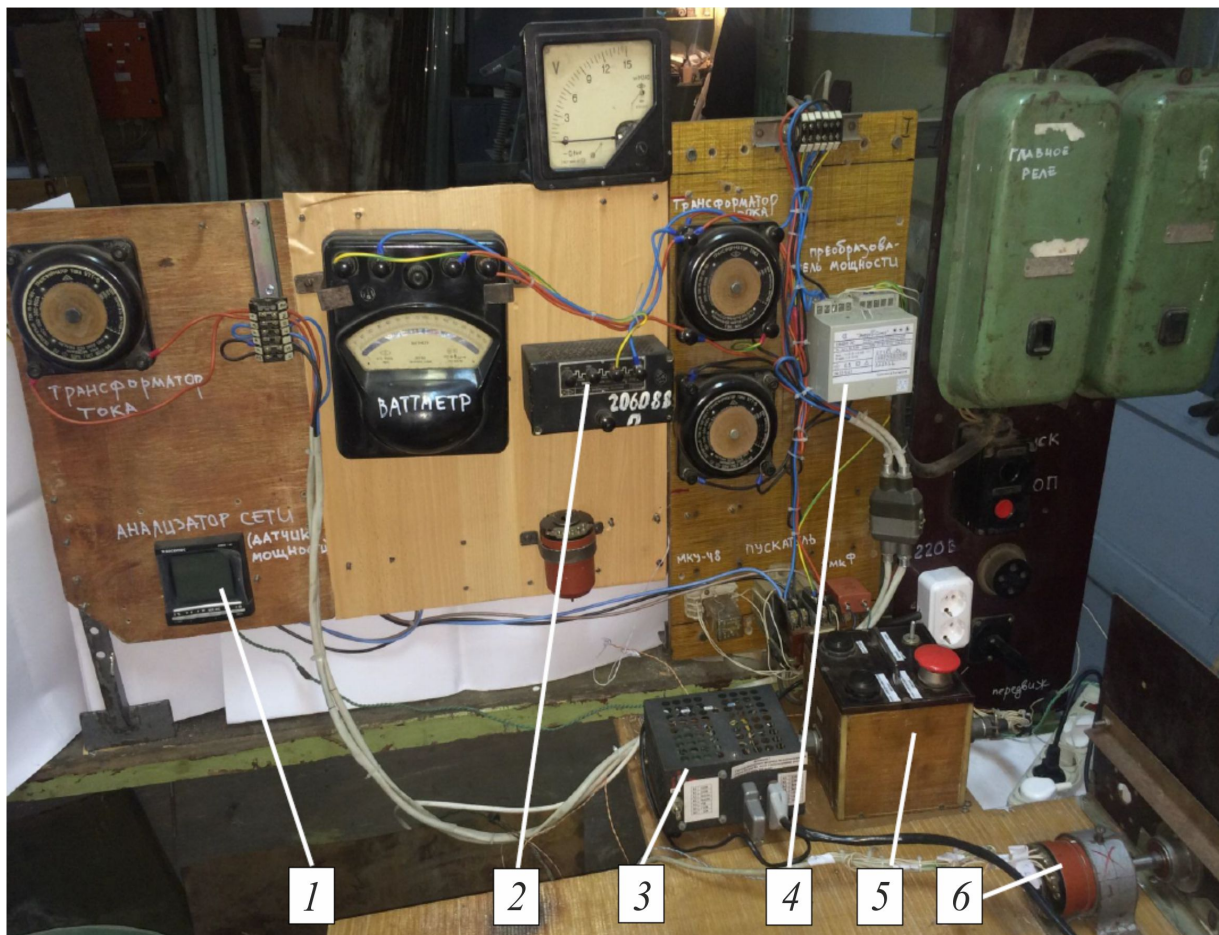


Рис. 1.105. Вимірювальна апаратура для стендових досліджень:

- 1 – датчик потужності DirisA40; 2 – знижувальний резистор стрілкового ватметра; 3 – блок живлення тензорезисторів датчиків тиску і датчиків кута повороту колиски насоса; 4 – перетворювач потужності Е-846;
- 5 – пульт керування годинникової системи керування; 6 – сельсин-датчик пропорційної системи керування

Конструкція стенда і набір вимірювальної апаратури забезпечує також визначення діапазону регулювання швидкості обертання гідромотора при різному його завантаженні, дослідження роботи систем дистанційного керування, дослідження пуско-гальмівних режимів роботи гідростатичного приводу, дослідження процесів рекуперативного гальмування, гальмування проти-вмиканням, аварійного гальмування.

Були отримані залежності ККД гідростатичного й електричного приводів від кута повороту коліски насоса (рис. 1.106), а також осцилограми за допомогою програми LGraf2 (рис. 1.107), на яких одночасно записується швидкість електродвигуна, споживана та рекуперована потужності, тиск у системі, крутний момент, швидкість гідромотора і кут повороту коліски гідромотора.

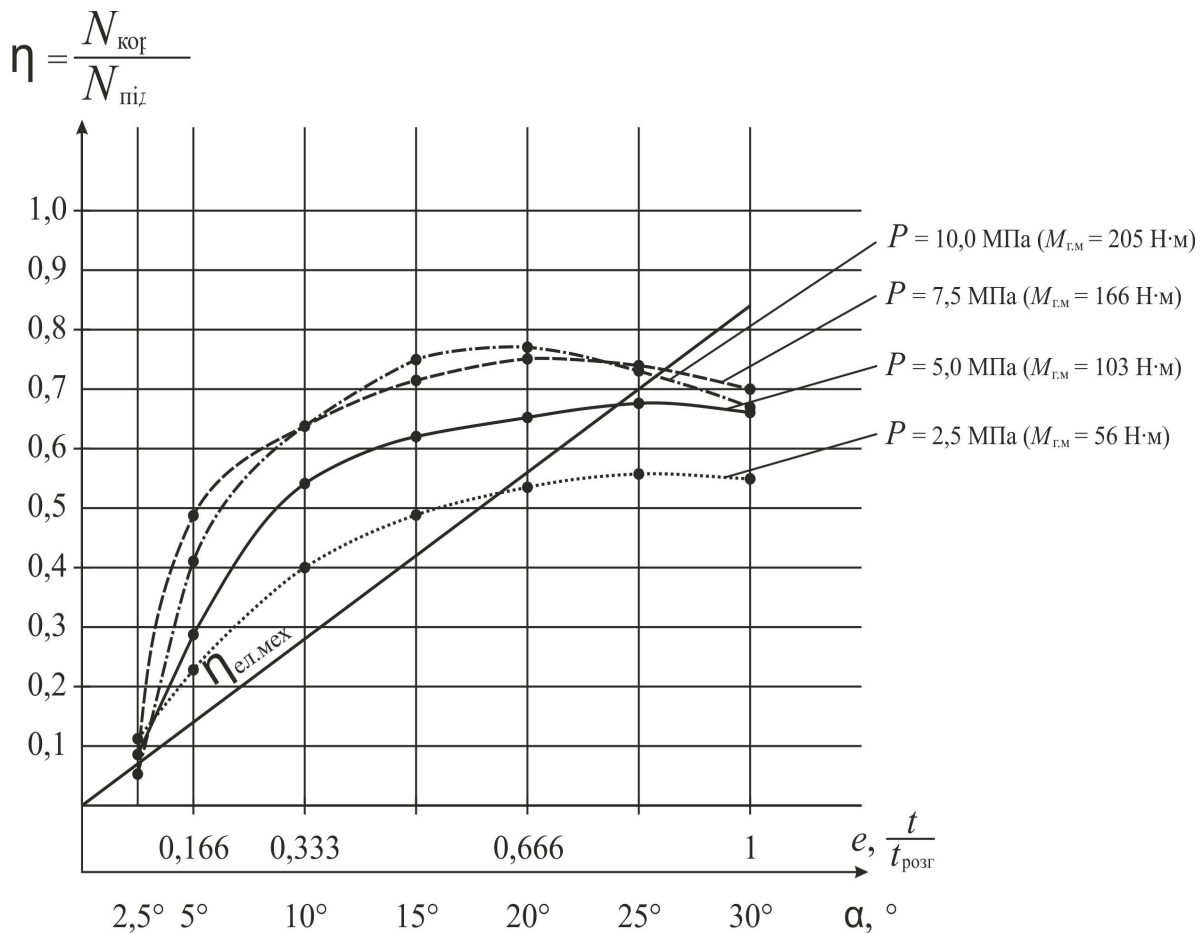


Рис. 1.106. Залежності ККД гідростатичного і електромеханічного приводів від кута повороту коліски насоса, відносної продуктивності і відносної швидкості розгону $t/t_{\text{розг}}$

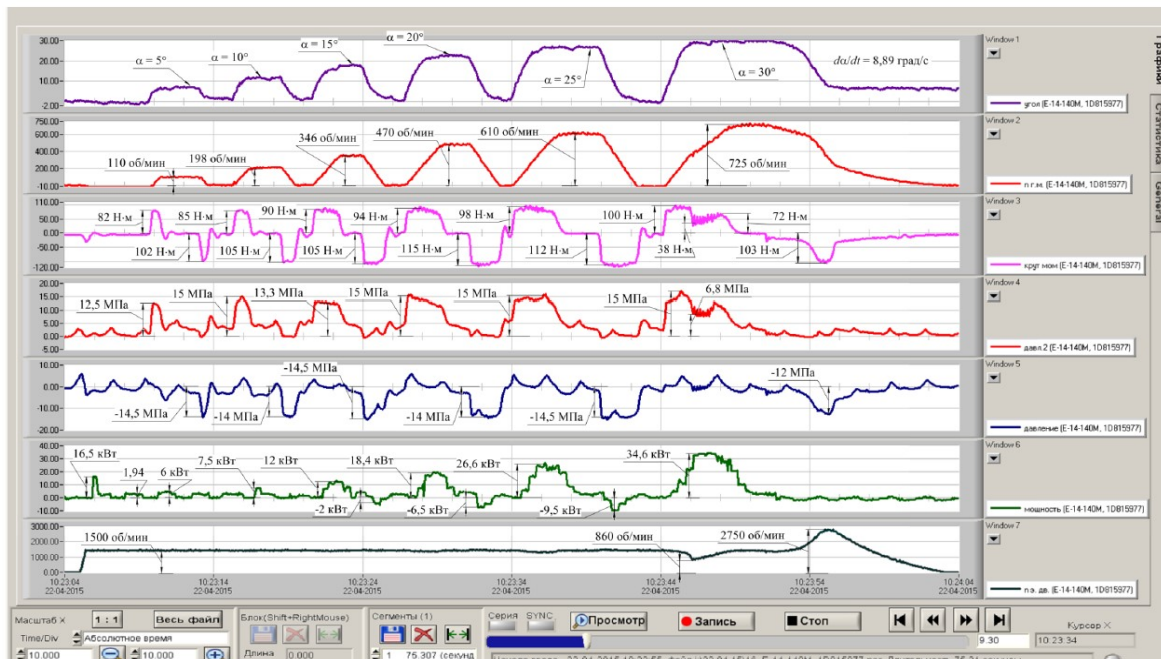


Рис. 1.107. Осцилограми, отримані в результаті експерименту за допомогою програми LGrat2

1.9.5.2. Інформаційна система для дослідження регульованого об'ємного приводу механізму підйому вантажу. Система датчиків та керування

Відпрацювання всіх елементів гідростатичного приводу й перевірка його працездатності потребує проведення тривалих експериментальних досліджень у стендових умовах з урахуванням специфіки роботи кранових механізмів.

На рис. 1.108 зображено конструкцію експериментального стенда для дослідження роботи гідростатичного приводу механізму підйому вантажу з низькомоментним гідродвигуном. Стенд дозволяє досліджувати роботу приводу при пуско-гальмівних і сталих режимах.

Основними вузлами стенда є: привідний електродвигун, АІР 112 М4У2, аксіально-поршневий регульований насос ПД № 2 із поповнювальним бачком 3, аксіально-поршневий гідромотор ПМ № 5 6.

Стенд створено так, що вага вантажу 16 може змінюватись від 53,5 до 629,5 кг з інтервалом 64 кг, що дозволяє проводити випробування з різним вантажем.

Розглянута конструкція стенда дає можливість визначити такі параметри. Швидкість обертання гідромотора й привідного

електродвигуна фіксується на комп'ютері через АЦП за допомогою тахогенераторів постійного струму із самозбудженням ТМГ-30П 10, 16, установлених біля гідромотора й електродвигуна. Швидкість обертання може також визначатися візуально за показниками вольтметрів постійного струму типу М359. Таруються тахогенератори за допомогою високоточних тахометрів годинникового типу. При малій швидкості обертання гідромотора кількість обертів визначається за допомогою імпульсних магнітних датчиків обертів.

Крутний момент, що розвиває гідродвигун 20, записується за допомогою тензодатчиків, наклеєних на вал. Для передачі сигналів від тензодатчиків до аналого-цифрового перетворювача (АЦП) цей сигнал підсилюється спеціальним підсилювачем безпосередньо на цьому ж валу.

Тиск у магістральних трубопроводах визначається за допомогою датчиків тиску 12 трубчастого типу. Сигнал від них через підсилювач надходить далі на АЦП. Для візуального спостереження встановлено манометри 11. Тарування датчиків тиску виконувалося на вантажопоршневому манометрі МП-60.

Згинальні моменти, що діють на несучу балку 18 моделі мостового крана через візок 17, записуються тензодатчиками 19.

Продуктивність насоса (кут повороту вала силового керування) записується за допомогою реохордного датчика кутів повороту типу ПЛ-2 або ДУП-1 8. Візуально продуктивність визначається за лімбом. За ним тарується датчик кута повороту.

Потужність, споживана й рекуперована привідним електродвигуном, записується на АЦП за допомогою вимірювального перетворювача потужності трифазних електричних ланцюгів типу П004, робота якого заснована на використанні ефекту Холла. Для достовірності отриманих результатів паралельно до перетворювача П004 підключається перетворювач Е848/6ЕС. Тарування перетворювача потужності П004 виконується за допомогою двох послідовно підключених з ним стрілкових ватметрів.

Для дотримання безпеки стенд оснащений гальмом 5, а для забезпечення безперекосного руху вантажа 16 – напрямними 14.

Стенд оснащений поліспадом, кратність якого змінюється від 1 до 13.

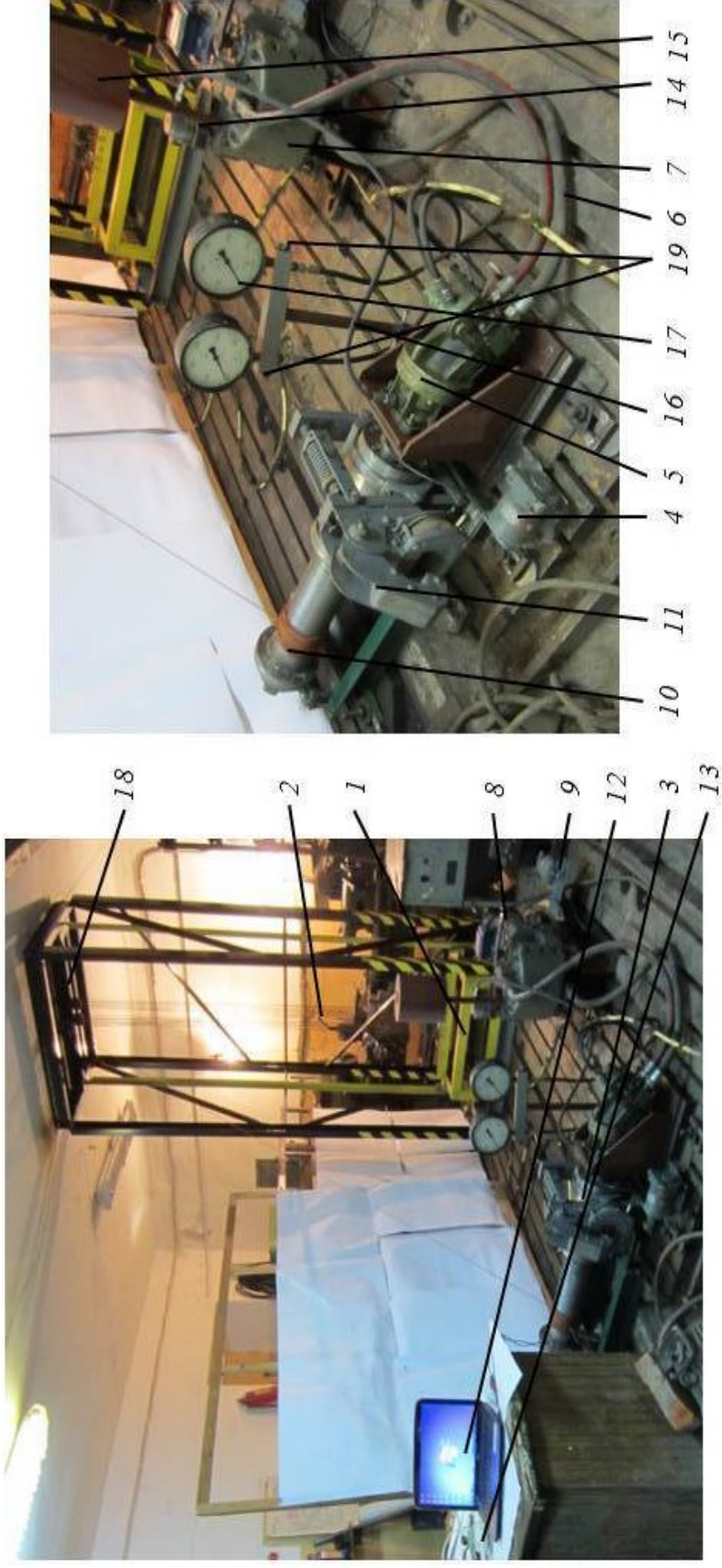


Рис. 1.108. Стенд для випробування механізму підймання з об'ємним регульованим гідроприводом:

1 – маси для імітації статичного моменту опору підймання; 2 – поліпаст; 3 – тензорадіодатчики для передачі моменту кручення на підсилювач і далі – на АЦП; 4 – тахогенератор ТМГ-30П для запису швидкості обертання гідромотора; 5 – гідромотор ПМ № 5; 6 – трубопроводи великого тиску; 7 – аксально-поршневий насос ПД № 5; 8 – електродрвигун АІР 112М4У2; 9 – тахогенератор ТМГ-30П для запису швидкості обертання електродрвигуна і фіксації його роботи в генераторному режимі; 10 – барабан з подвійною обичайкою; 11 – гальмо ТКТ-200; 12 – ноутбук; 13 – Аналого-цифровий перетворювач Е84816С; 14 – виконуюча частина системи керування; 15 – поповнюваний бачок; 16 – трубопровід відведення

Для проведення випробувань для різних канатів діаметром 4 і 7 мм барабан 13 виконаний конструктивно як барабан у барабані для швидкої зміни діаметра і кроку нарізки на барабанах.

Конструкція стенда передбачає можливість проведення тривалих експериментальних досліджень за заданою програмою (час розгону приводу, час роботи на заданому швидкісному режимі, час гальмування приводу, час пауз, напрямок обертання приводу, періодичність увімкнення приводного електродвигуна та ін.) без втручання оператора.

Конструкція стенда і набір вимірювальної апаратури забезпечує також визначення діапазону регулювання швидкості обертання гідромотора при різному його завантаженні, дослідження роботи систем дистанційного керування, дослідження пуско-гальмівних режимів роботи гідростатичного приводу, дослідження процесів рекуперативного гальмування, гальмування проти-вмиканням, аварійного гальмування.

У процесі випробувань нами передбачається:

- 1) отримати переконливі докази суттєвої економії електроенергії порівнянно з електромеханічним приводом;
- 2) отримати докази суттєвого зменшення встановленої потужності електродвигунів;
- 3) переконатися у суттєвому зменшенні динамічних навантажень.

На рис. 1.109 наведено електросхему стендових експериментальних досліджень гідростатичного приводу.

Проведення тривалих експериментальних досліджень у стендових умовах дає можливість всебічно вивчити роботу гідростатичного приводу, зняти його основні характеристики, відпрацювати системи дистанційного та програмного керування приводом, перевірити працездатність окремих вузлів і створити передумови для теоретичного розрахунку приводу механізмів підйому мостових кранів із низькомоментним гідродвигуном.

Для регульованого гідростатичного приводу кранів цікавими є процеси, що протікають особливо при розгоні.

Розглянемо привід механізму підйому (рис. 1.110), який працює за закритою системою циркуляції робочої рідини. Регульований насос може змінювати питому продуктивність від нуля до $q_{н.ном}$ (при повороті колиски на кут $\pm \alpha_{н.ном} = 30^\circ$); у

нерегульованого гідромотора питома продуктивність постійна і дорівнює $q_{г.ном}$.

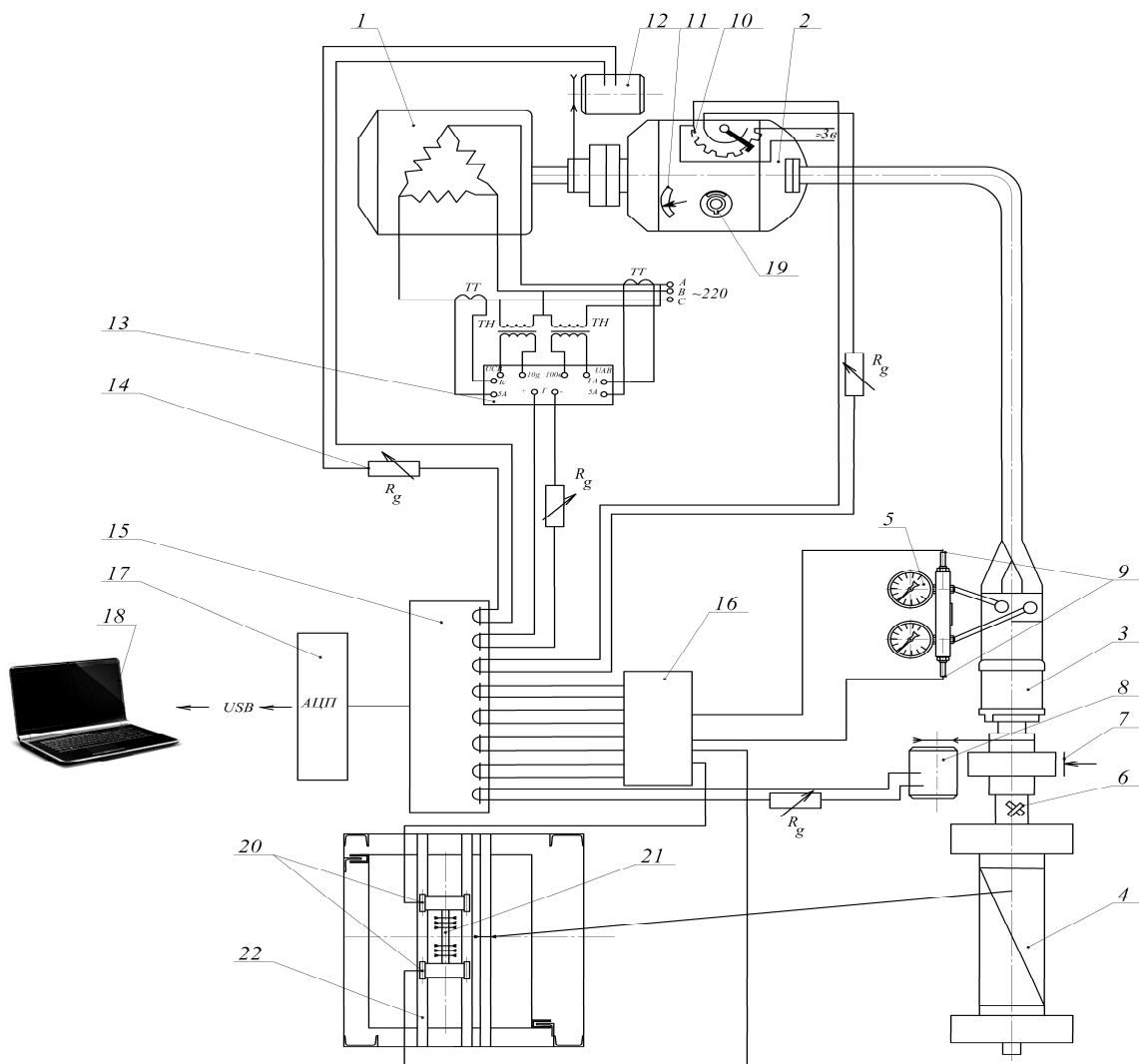


Рис. 1.109. Електрична схема стендових експериментальних досліджень механізму підйому вантажу з керованим гідростатичним приводом:
 1 – електродвигун типу АІР 112 М4У2; 2 – аксіально-поршневий насос ПД №5; 3 – гідромотор ПМ №5; 4 – барабан у барабані; 5 – манометри;
 6 – тензорадіодатчик для передачі моменту кручення на підсилювач і далі – на АЦП; 7 – гальмо ТКГ-200; 8 – тахогенератор ТМГ 30 П для запису швидкості обертання гідромотора; 9 – тензометричний датчик тиску мастила; 10 – датчик кута повороту колиски насоса; 11 – лімба кута повороту; 12 – тахогенератор ТМГ 30 П для запису швидкості обертання електродвигуна і фіксації його роботи в генераторному режимі; 13 – перетворювач потужності на ефекті Холла П004; 14 – додатковий опір; 15 – клемна колодка; 16 – блок підсилювачів на базі операційного підсилювача AD8221; 17 – аналого-цифровий перетворювач Е14-140М; 18 – ноутбук; 19 – двигун РД-09; 20 – тензодатчики для визначення моментів, що передаються через візок на підкранову балку; 21 – візок; 22 – підкранова балка

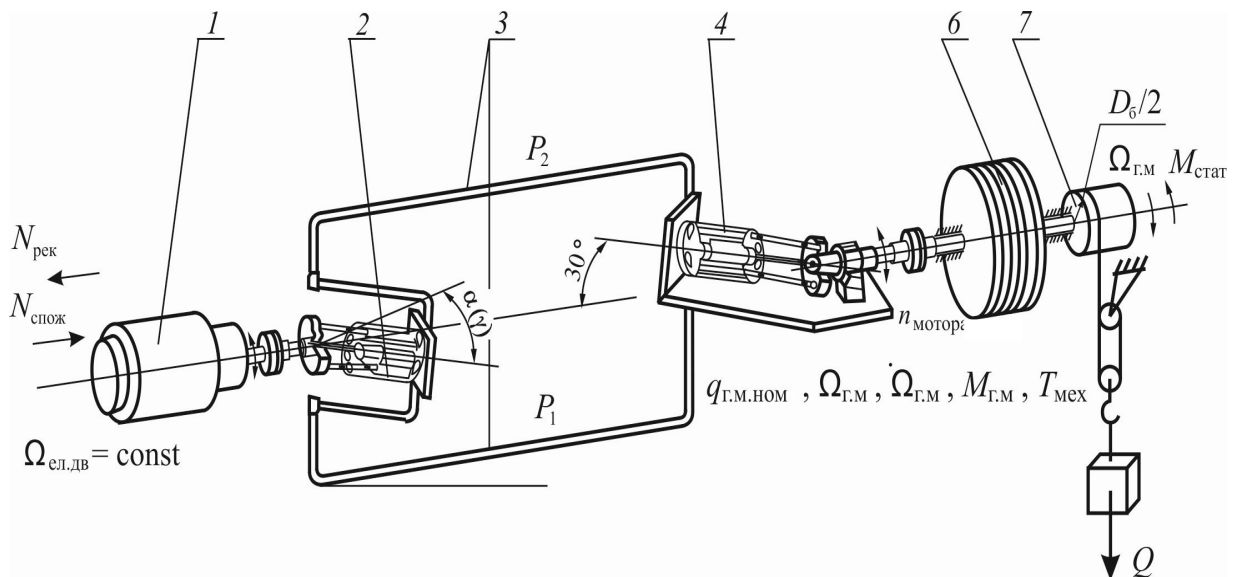


Рис. 1.110. Схема гідростатичного приводу механізму підйому крана:
 1 – асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором (АО-62-4);
 2 – насос регульованої продуктивності (ПД №5); 3 – трубопроводи високого P_1 і низького P_2 тиску; 4 – нерегульований гідромотор (ІМ №5); 5 і 6 – зведені до вала гідромотора махові маси обертових і поступально рухомих частин крана; 7 – момент статичного опору руху

Вихідна швидкість $\Omega_{г.м}$, прискорення $\dot{\Omega}_{г.м}$, крутний момент $M_{г.м}$ гідромотора, тиск у системі P , потужність, що споживається $N_{спож}$ та рекуперується $N_{рек}$, у підсумку залежать від закону зміни в часі параметра регулювання насоса $\gamma(\alpha)$ та ряду констант, що характеризують гідропривід і зовнішнє навантаження.

Усі перераховані вихідні параметри можуть визначатися з відомим ступенем точності (на базі припущень $\dot{\Omega}_{г.м} = \text{const}$, $M_{г.м} = \text{const}$, $\Omega_{г.м} = k \cdot t_{уст}$ – тобто вихідна швидкість гідромотора пропорційна часу).

Однак щоб з упевненістю допускати подібні спрощення, потрібно спробувати порівняти отримані при цьому результати з більш точними рішеннями. Задача може ставитися і в іншій площині: знайти закон зміни $\gamma = f(t)$, щоб отримані при цьому вихідні параметри $\dot{\Omega}_{г.м}$, $\Omega_{г.м}$, $M_{г.м}$ збігалися б із прийнятими в припущеннях.

Розглянемо перехідний процес гідроприводу з урахуванням того, що об'єм рідини у ньому і довжина трубопроводу, що поєднують насос і гідромотор, не значні. Також приймемо, що швид-

кість обертання двигуна постійна (в реальності вона змінюється в рамках 1–2 %) [16].

У цьому випадку можна використовувати таке саме рівняння, як і у випадку дослідження механізму пересування крана, а саме:

$$T_{\text{мех}} \frac{d\Omega_{\text{Г.М}}}{dt} + \Omega_{\text{Г.М}} = k_{\Omega} \cdot \gamma - \frac{M_{\text{стат}}}{F}.$$

При цьому ми обираємо аналогічні графіки зміни швидкості обертання гідромотора в період розгону і гальмування, як і при дослідженні механізму пересування, що було зроблено раніше.

Як свідчать розрахунки, для гідростатичного приводу механізму підйому мостового крана, що характеризується насосами й гідромоторами з максимальним тиском до 16 МПа, часом розгону $t_{\text{уст}}$, прийнятим на практиці кранобудування, а також величинами

відношення $\frac{t_{\text{уст}}}{T_{\text{мех}}} \geq 10$, про динаміку перехідного процесу (з погляду відхилення поточної швидкості гідроприводу від значення, що задається системою керування) слід говорити, лише якщо буде потреба одержання особливо точних результатів, що може бути виправдано у кранах, які працюють в автоматичному режимі за заданою програмою.

В усіх інших випадках використання крана з гідростатичним приводом швидкодія електрогідроприводу визначається швидкодією сервопривода системи керування та при лінійній зміні параметра γ від 0° до $\gamma_{\text{уст}}$, за $t_{\text{уст}}$ перехідний процес зміни швидкості можна вважати закінченим за часом з достатньою для практики точністю.

1.9.5.3. Вимірювані величини й інформаційні прилади при дослідженні ККД гідроприводу

Ступінь досконалості будь-якого приводу в цілому визначається за коефіцієнтом корисної дії $\eta_{\text{об}}$, який дорівнює співвідношенню потужності, що витрачається на здійснення корисної роботи $N_{\text{кор}}$ і потужності, яка споживається приводом (електродвигуном) – $N_{\text{д}}$.

Втрати потужності у гідростатичній передачі складаються з втрат продуктивності $\eta_{об}$, втрат тиску η_{Γ} і втрат на тертя $\eta_{мех}$.

Об'ємний ККД приводу

$$\eta_{об} = \frac{q_{м} \cdot n_{м}}{q_{н} \cdot \theta \cdot n_{н}}. \quad (1.47)$$

Гідравлічний ККД приводу

$$\eta_{\Gamma} = \frac{P_{м}}{P_{н}} \approx 1. \quad (1.48)$$

Гідромеханічний ККД мотора

$$\eta_{ГМ} = \frac{M_{м}}{0,159 q_{м} \cdot \Delta P}. \quad (1.49)$$

Гідромеханічний ККД насоса

$$\eta_{НГМ} = \frac{0,159 q_{н} \cdot \theta \cdot \Delta P}{M_{н}}. \quad (1.50)$$

Гідромеханічний ККД приводу

$$\eta_{\Gamma.мех} = \eta_{ГМ} \cdot \eta_{НГМ} = \frac{M_{м} \cdot q_{н} \cdot \theta}{M_{н} \cdot q_{м}}. \quad (1.51)$$

Загальний ККД гідроприводу

$$\eta_{заг.гп} = \eta_{об} \cdot \eta_{\Gamma} \cdot \eta_{\Gamma.мех} = \frac{M_{м} \cdot n_{м}}{M_{н} \cdot n_{н}}. \quad (1.52)$$

Загальний ККД електроприводу (з урахуванням ККД електродвигуна)

$$\eta_{заг.ел.гп} = \frac{M_{м} \cdot n_{м}}{975 \cdot N_{д}}. \quad (1.53)$$

У наведених виразах: $q_{м}$ – об'ємна постійна гідромотора; $q_{н}$ – номінальна об'ємна постійна гідромотора; $n_{н}$ – швидкість обертання електродвигуна; $n_{м}$ – дійсна швидкість обертання гідромотора; θ – відносна продуктивність насоса (0 – 1); $P_{м}$ – тиск

на вході гідромотора; P_H – тиск на виході з насоса; M_M – крутний момент на валу гідромотора; M_H – крутний момент на валу насоса; ΔP – перепад тисків у напірному і всмоктувальному трубопроводах; N_d – потужність, що споживається електродвигуном з мережі.

На рис. 1.111 наведено графіки залежностей ККД в об'ємному й електромеханічному приводах від e , $t/t_{\text{розг}}$, Ω/Ω_0 , α° при навантаженні: 1 – 23,7 Н·м; 2 – 47,5 Н·м; 3 – 96 Н·м; 4 – 158 Н·м.

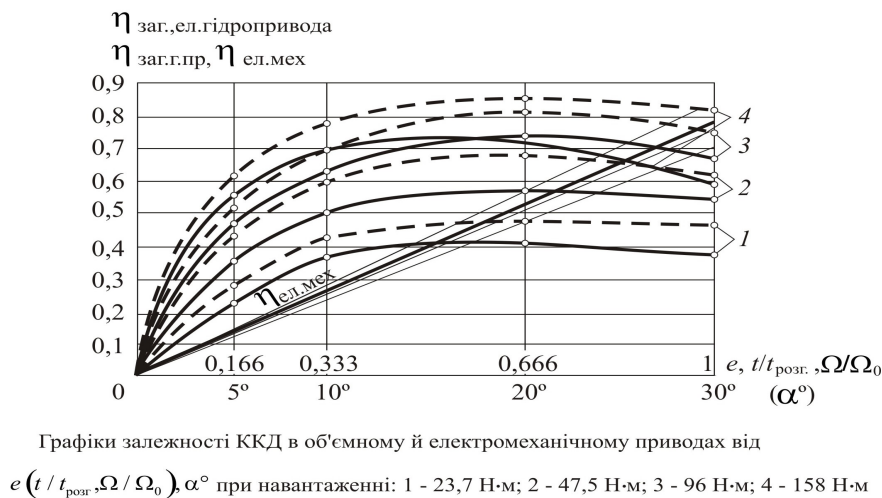


Рис. 1.111. Графіки залежності об'ємного ККД від відносної продуктивності насоса при різному навантаженні на валу гідромотора

На рис. 1.111 наведено експериментальні графіки залежності часу розгону гідроприводу з $J_{\text{кр}} = 6,77 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ і $M_{\text{ст}} = 23,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$ (кран із вантажем $Q = 30 \text{ т}$, візок у середині прольоту моста) від швидкості керуючого впливу (da/dt) для різних значень $\omega_{\text{уст}}$, яким відповідає $\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$.

З графіка видно, що час розгону завжди більший за час гальмування (для однакових α і da/dt), що оптимальна величина швидкості зміни керуючого впливу (da/dt) для періоду гальмування більша ($4^\circ/\text{с}$), ніж для періоду розгону ($3,5^\circ/\text{с}$), що, збільшуючи швидкість зміни керуючого впливу понад оптимальну, ми не можемо зменшити час перебігу перехідних процесів – він залишається без змін. Більш того, у двигуновому режимі при розгоні приводу до ω , яка визначається $\alpha = 30^\circ$, при великій швидкості $da/dt = 20^\circ/\text{с}$ замість зменшення періоду розгону, або хоча б підтримці часу розгону на рівні, отриманому при

$d\alpha/dt = 5^\circ/\text{с}$, маємо збільшення в 1,7 раза часу розгону проти мінімально можливого.

Це відбулося внаслідок перекидання привідного електродвигуна (осцилограма на рис. 1.116).

Подібне перекидання з затягуванням перехідного процесу може відбутися і в режимі гальмування, якщо як привідний буде використаний двигун з меншою (у 2 і більше рази) потужністю, ніж встановлений, або при цій самій потужності буде використаний насос зі збільшеною (у 2 і більше рази) об'ємною сталою $q_{\text{н.ном}}$.

На рис. 1.113, 1.114 наведено графіки залежності споживаної і рекуперованої потужностей від моменту на валу гідромотора у двигуновому і гальмівному режимах (рис. 1.113) і від швидкості зміни керуючого впливу $d\alpha/dt$ (рис. 1.114) для різної продуктивності насоса $\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$.

Графіки на рис. 1.112 свідчать, що потужність, споживана привідним електродвигуном з мережі, знаходиться у лінійній залежності від навантаження гідромотора ($M = M_{\text{ст}} + M_{\text{дин}}$). Рекуперована потужність знаходиться у більш складній залежності від крутного моменту на валу гідромотора. Чим більша продуктивність насоса α , тим ближче крива, що виражає залежність $N_{\text{рек}} = f(M_{\text{г.м}})$, наближається до прямої.

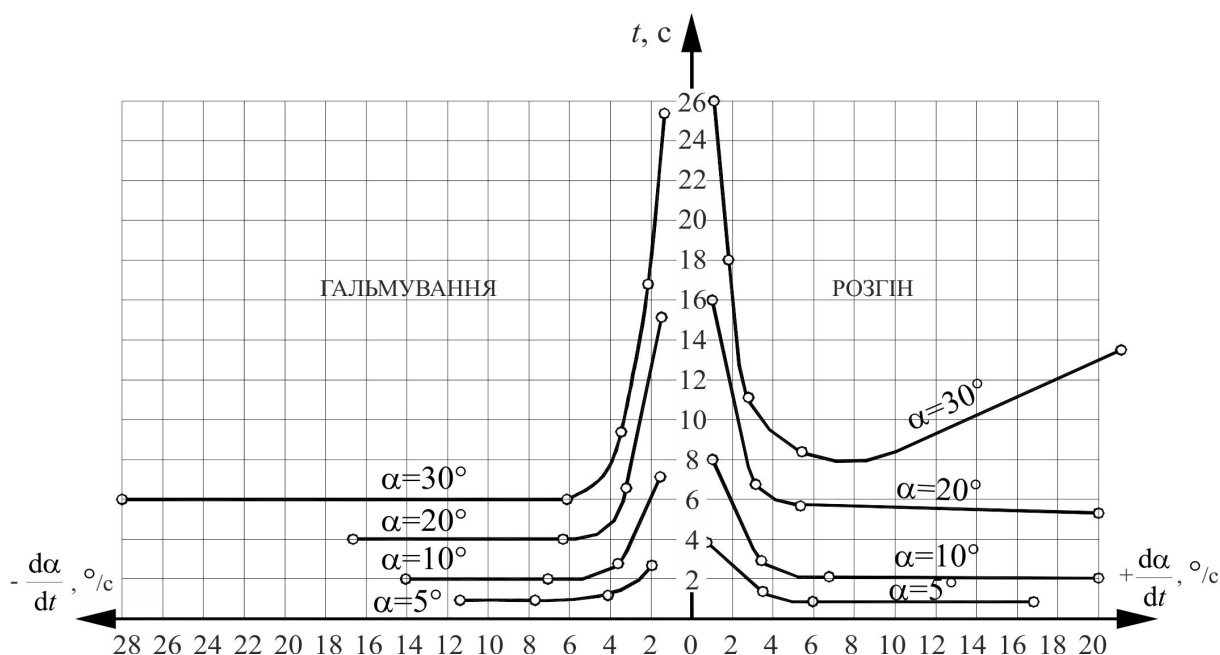


Рис. 1.112. Графіки залежності часу t розгону та гальмування гідроприводу від швидкості $d\alpha/dt$ зміни керуючого впливу

У цілому, будь-якій продуктивності насоса властиве зростання рекуперованої потужності зі збільшенням крутного моменту $M_{г.дв.}$. При великих продуктивностях насоса маємо більший приріст $N_{рек}$ на одиницю моменту на валу гідромотора, ніж при малих продуктивностях. У гальмівному режимі при малому навантаженні на валу гідромотора електродвигун споживає енергію з мережі ($M = 1,5 \div 4$ кг·м – залежно від α), а не рекуперує її. Як видно з графіків, можливі такі режими гальмування, при яких двигун енергію не споживає і не віддає її в мережу ($N_{спо}, N_{рек} = 0$).

Усі чотири криві $\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ перетинають вісь ординат у різних точках – відповідно 1,4; 1,5; 1,8; 2,5 кВт.

Ці точки характеризують потужність, споживану електродвигуном за відсутності навантаження на валу гідромотора ($\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$).

На рис. 1.115 наведено графіки, отримані дослідним шляхом, що виражають залежність споживаної і рекуперованої потужностей від швидкості керуючого впливу: $N_{спо}, N_{рек} = f(da/dt)$ для різної продуктивності насоса $\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$.

З графіків видно, що при певній швидкості зміни продуктивності насоса настає «насичення» – збільшення швидкості керуючого впливу не приводить до збільшення споживаної або рекуперованої потужності. Це свідчить про те, що при такій швидкості керуючого впливу спрацьовують запобіжні клапани.

При швидкості керуючого впливу $da/dt = 20^\circ/\text{с}$ і номінальній продуктивності насоса ($\alpha = 30^\circ$) відбувається перекидання двигуна, про що свідчить величина споживаної потужності – 37 кВт, яка збігається зі споживаною потужністю у режимі перекидання, знайденою з кругової діаграми двигунів АО-62-4. Споживана потужність у 36 кВт не є ще перекидаючою ($da/dt = 5,5^\circ/\text{с}$), вона розташована лише у точці перегину кривої $N_{спож} = f(da/dt)$ при $\alpha = 30^\circ$.

На графіках суцільними лініями показані криві, що належать до навантаження на валу гідромотора – $J_{кр} = 6,77$ кг·м², $M_{ст} = 0$, а пунктирні лінії відповідають навантаженню $J_{кр} = 6,77$ кг·м², $M_{ст} = 21,7$ Н·м.

Останнє поєднання навантажень належить до механізму пересування мостового крана з вантажем $Q = 30$ т, на якому проводились натурні експериментальні дослідження.

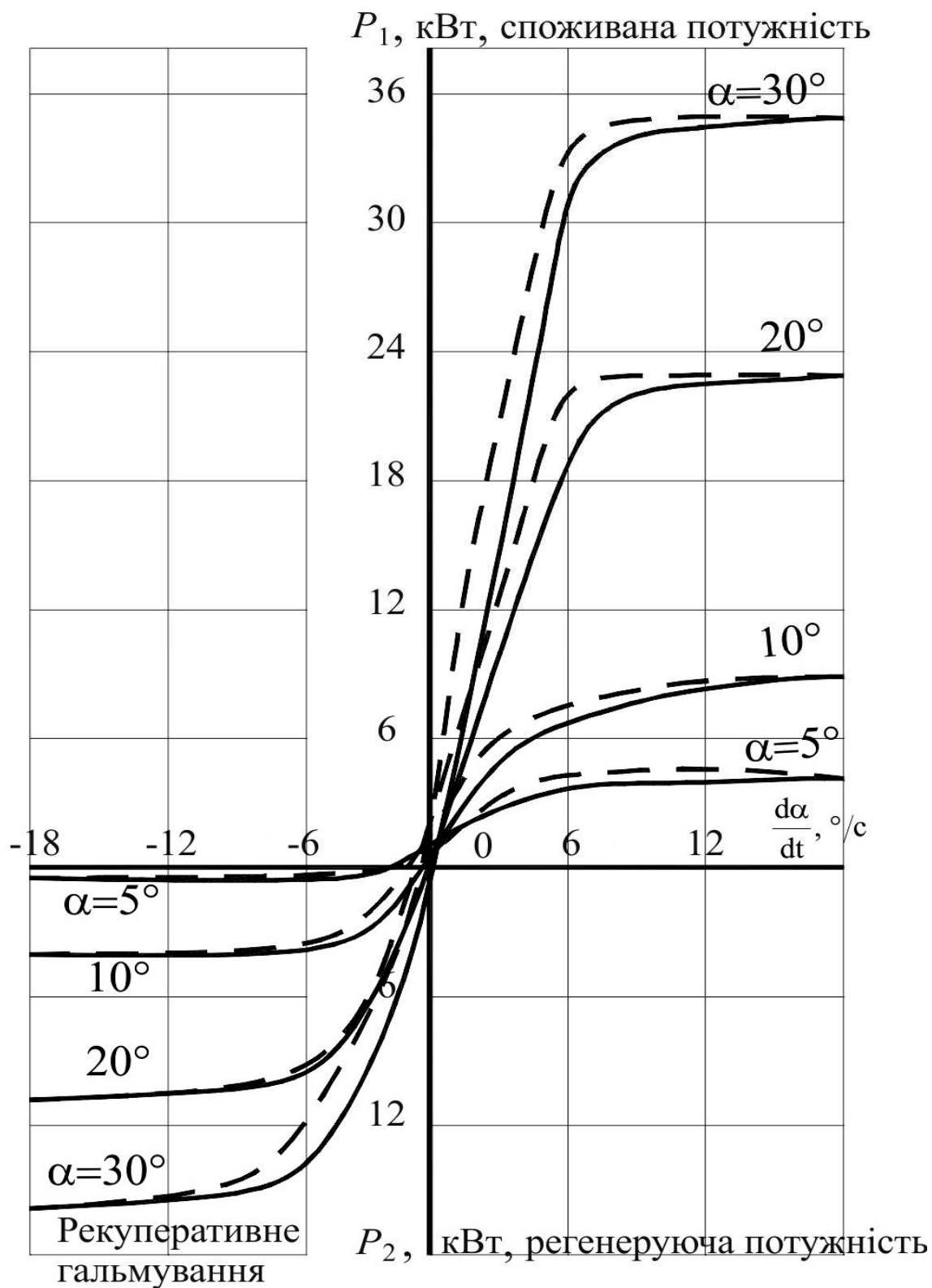


Рис. 1.113. Графіки залежностей $N_{\text{спо}}, N_{\text{рек}} = f(M_{\text{г.м}})$

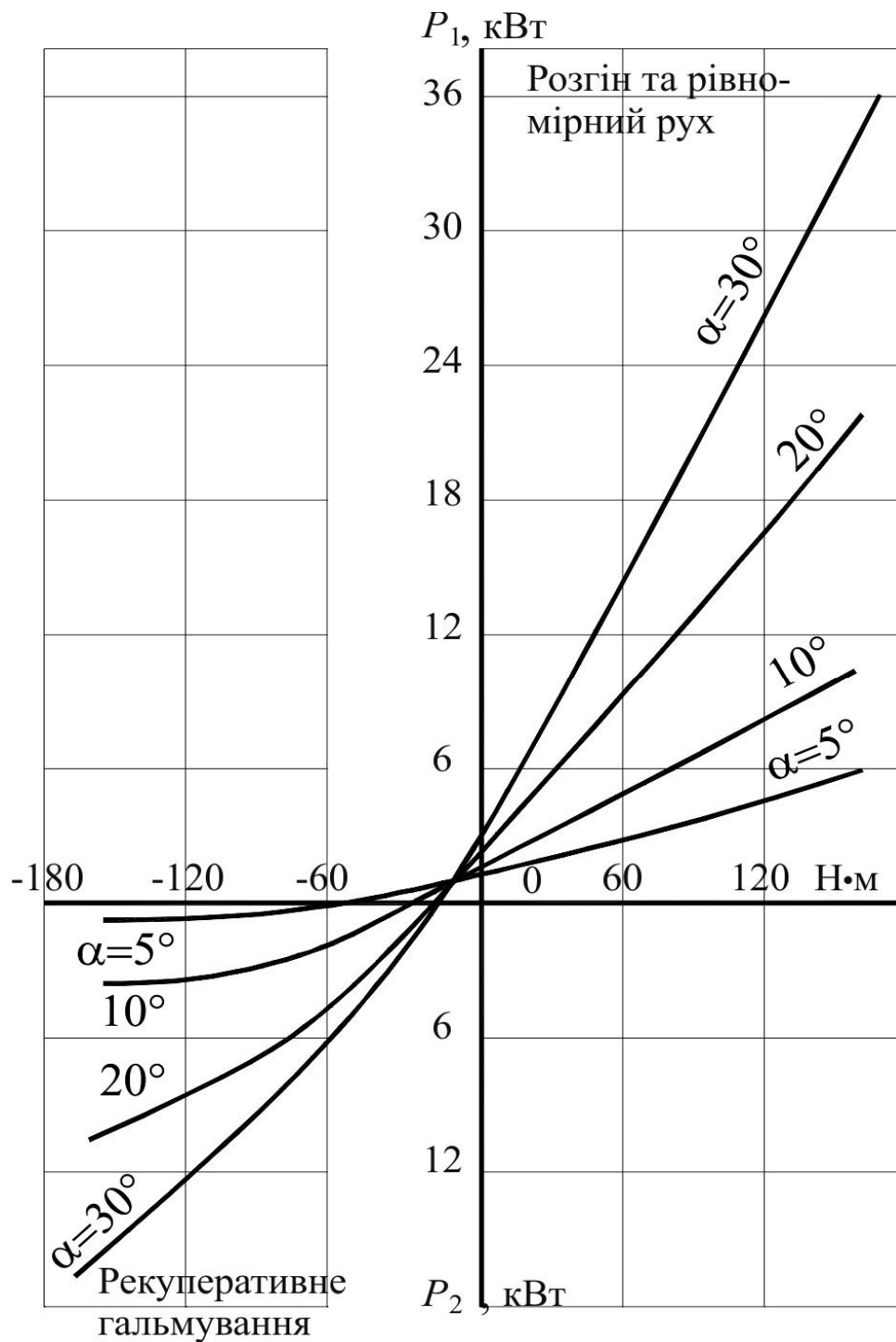


Рис. 1.114. Графіки залежностей $N_{\text{спо}}, N_{\text{рек}} = f\left(\frac{d\alpha}{dt}\right)$

З графіків видно, що при однаковій інтенсивності розгону або гальмування, більша потужність споживається при другому співвідношенні навантажень ($J_{\text{кр}}$ і $M_{\text{ст}}$), а менша потужність рекупрується при першому співвідношенні навантажень ($J_{\text{кр}}; M_{\text{ст}} = 0$).

Наявність статичного навантаження на валу збільшує споживану потужність у процесі розгону і зменшує рекуперовану потужність у процесі гальмування. Однак це відбувається лише до певної межі по da/dt , після чого, внаслідок спрацювання запобіжних клапанів, споживання потужності при обох співвідношеннях навантажень зрівнюється. З цієї ж причини зрівнюються рекуперовані потужності для обох співвідношень навантажень.

Усі вісім кривих перетинають вісь ординат у восьми різних точках. Ось ці точки: для $\alpha = 30^\circ$ – 7,5 і 2,5 кВт; для $\alpha = 20^\circ$ – 5 і 1,8 кВт; $\alpha = 10^\circ$ – 2,5 і 1,5 кВт; $\alpha = 5^\circ$ – 2 і 1,4 кВт. Перші значення у кожній парі відповідають другому співвідношенню навантажень, другі цифри належать до першого співвідношення навантажень.

Значення цих величин належать до нескінченно довгого режиму розгону ($da/dt = 0$). З цих графіків видно, що систему, завантаженою за $J_{кр}$ і $M_{ст}$, можна плавно розігнати при споживаній потужності в 7,5 кВт, у той самий час при її швидкому гальмуванні потужність рекуперованої енергії може досягти 17,4 кВт.

Криві на рис. 1.114 показують, що споживана потужність при великих значеннях α знаходиться у лінійній залежності (до моменту спрацювання запобіжних клапанів) від швидкості керуючого впливу.

Залежність потужності рекуперації від швидкості керуючого впливу при великих параметрах α також близька до лінійної. При малих параметрах α ця залежність має складніший характер внаслідок великих додаткових втрат.

Після спрацювання запобіжних клапанів відбувається різкий злам у кривих. При подальшому збільшенні швидкості керуючого впливу спостерігається лише незначне зростання споживаної і рекуперованої потужності. Це зростання пояснюється деяким підвищенням тиску у системі. Воно зумовлене інерційністю механічної системи запобіжних клапанів. Через це при великих швидкостях da/dt у системі розвивається тиск більший ніж налаштування запобіжних клапанів.

Процеси споживання і рекуперації потужності записувалися за допомогою блока (рис. 1.115), що включає перетворювач П004. Для ілюстрації процесів, що протікають у гідроприводі,

розглянемо декілька осцилограм. На рис. 1.116 наведено осцилограму, що показує розгін до $\alpha = 30^\circ$ системи, навантаженої згідно з умовами, що мають місце на реальному крані ($J_{кр} = 6,77 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, $M_{ст} = 21,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$).

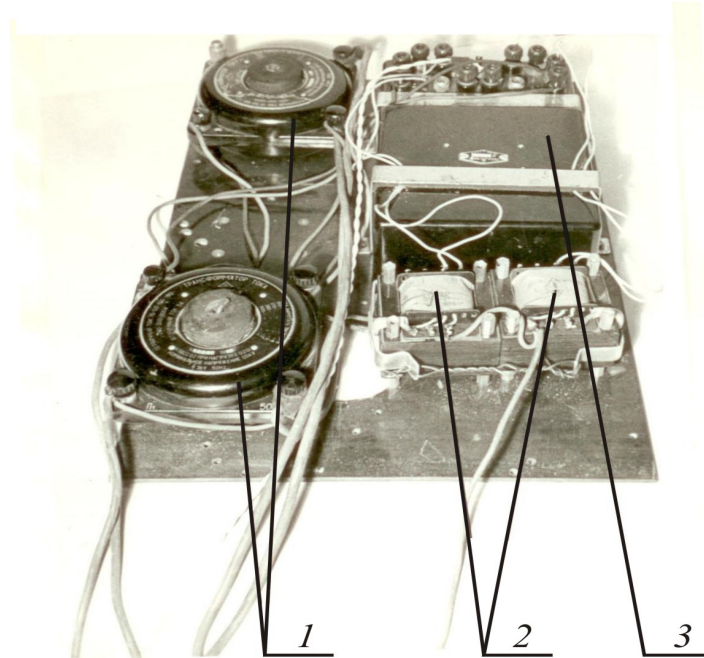


Рис. 1.115. Блок запису потужності:
1 – трансформатори струму; 2 – трансформатори напруги;
3 – перетворювачі потужності на ефекті Холла – П004

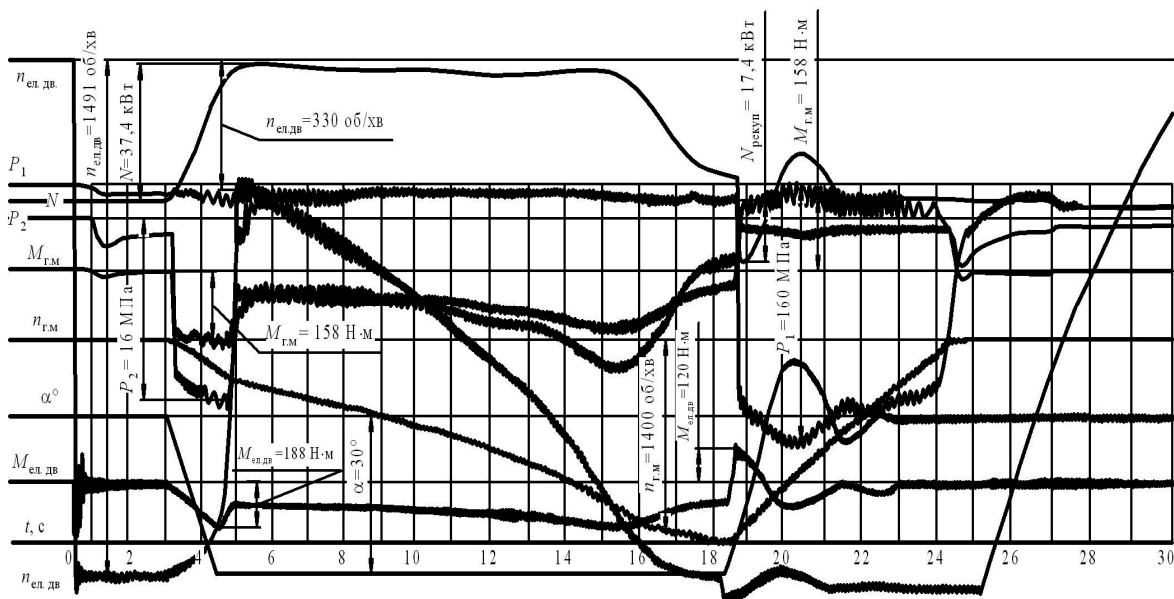


Рис. 1.116. Осцилограма інтенсивного розгону і гальмування гідроприводу (до $\alpha = 30^\circ$) з перекиданням електродвигуна ($d\alpha/dt = 20^\circ/\text{с}$, $t_{роз} = 14 \text{ с}$, $t_{гал} = 6 \text{ с}$)

Розгін здійснюється з неприпустимо швидкою зміною параметра регулювання α . Як було зазначено раніше, це призводить до перекидання електродвигуна і затягування процесу розгону.

Розганяти з такою інтенсивністю (за da/dt) систему з такими зовнішніми навантаженнями не рекомендується.

Необхідно зауважити, що в цьому випадку система сама обирає собі режим, на якому вона зможе, незважаючи на початкове перекидання двигуна, вийти на задану швидкість обертання, тобто система є у цьому сенсі саморегульованою.

Після закінчення розгону і досягнення заданої швидкості застосовано екстрене аварійне гальмування. При цьому машиніст не чинить впливу на ручку датчика ДЗФМ, як зазвичай, а вимикає всю систему дистанційного керування. Нуль-встановлювач, його пружина, серводвигун являють собою деякий коливальний контур, який під дією пружини на самому початку виведе систему у нульове (за α) положення, але не зупиниться у ньому, а під дією моменту інерції серводвигуна перестрибне його і відхилить валок дистанційного керування насосом на деякий кут у бік, протилежний початковому вихідному положенню. Система здійснить півтора повних коливання і зупиниться у «0» положенні по куту α .

У момент, коли валок відхилиться під дією пружини і серводвигуна у бік, протилежний вихідному положенню, швидкість гідромотора ще не знизиться до нуля внаслідок великої інерційності махових мас, з'єднаних із гідромотором. Двигун при цьому з генераторного режиму роботи перейде у двигуновий, а насос почне передавати мастило у трубопровід високого тиску, в якому спрацьовують запобіжні клапани. У цей момент має місце безглузда витрата енергії, що витрачаються на нагрівання рідини. До того ж у процесі такого інтенсивного гальмування гідромотор дає таку продуктивність, що насос не здатен пропустити все мастило через себе, і більша його частина проходить через запобіжні клапани з трубопроводу високого тиску, на додаток до цього насос переходить у такий режим, що починає подавати мастило у трубопровід високого тиску, в якому і до цього мастилу не було куди відходити, крім як через запобіжні клапани. Ясно, що цей додатковий потік мастила, вироблений насосом, цілком пройде через запобіжні клапани і не буде сприяти скорішому гальмуванню, адже і без цього гальмівний момент на гідромоторі максимальний (зумовлений перепадом тиску $\Delta p_{п.к}$).

Описаний режим будемо називати режимом противмикання, на кшталт тому, як це має місце в електромеханічному приводі.

Такий режим можна прийняти лише в аварійних випадках, коли не доводиться рахуватися зі втратами енергії і нагріванням системи.

Просте вимикання тумблера живлення схеми веде до гальмування приводу з найбільшою можливою інтенсивністю.

На рис. 1.116 наведено осцилограму процесу пуску і гальмування приводу з нормальною інтенсивністю до $\alpha = 20^\circ$. Як бачимо, розгін і гальмування здійснюються з мінімальними динамічними навантаженнями, практично з постійним тиском, а отже, і крутним моментом на валу гідромотора. Прискорення постійне впродовж усього розгону, швидкість змінюється з часом точно лінійно.

Таку плавність роботи забезпечує система дистанційного керування, як уже зазначалося раніше.

Цю осцилограму, отриману у стендових умовах, доцільно порівняти з осцилограмою (див. рис. 1.116) при тих самих завантаженнях гідроприводу та інтенсивності розгону і гальмування, отриманій у промислових умовах на натуральному крані.

На рис. 1.118 наведено осцилограму інтенсивного пуску і гальмування при тих самих навантаженнях і максимальній швидкості, що і в попередньому випадку. Як видно з осцилограм, інтенсивний розгін не спричинить перекидання двигуна, адже розгін здійснювався до швидкості, що відповідає $\alpha = 20^\circ$, а не $\alpha = 30^\circ$, як показано на рис. 1.117. Розгін здійснюється практично при постійному тиску і крутному моменті гідромотора. Аналогічно відбувається і гальмування. Як бачимо, швидкість керуючого впливу приблизно у 5 разів більша оптимальної величини. Тобто так швидко змінювати продуктивність насоса не варто, адже це призводить лише до втрат енергії, не скорочуючи часу перебігу перехідних процесів.

Цю осцилограму також корисно порівняти з аналогічною, отриманою при випробуванні натурального крана (рис. 1.126).

Деякі дослідження пуско-гальмівних режимів гідростатичного приводу наведено нижче.

1.9.5.4. Реєстрація даних, зворотний зв'язок при дослідженнях пуско-гальмівних режимів роботи роздільного гідростатичного приводу мостового крана

Протягом 5 місяців проводилися експериментальні дослідження роздільного гідростатичного приводу і роздільного електромеханічного приводу на мостовому крані в/п 30/5 т конструкції Харківського заводу ПТО.

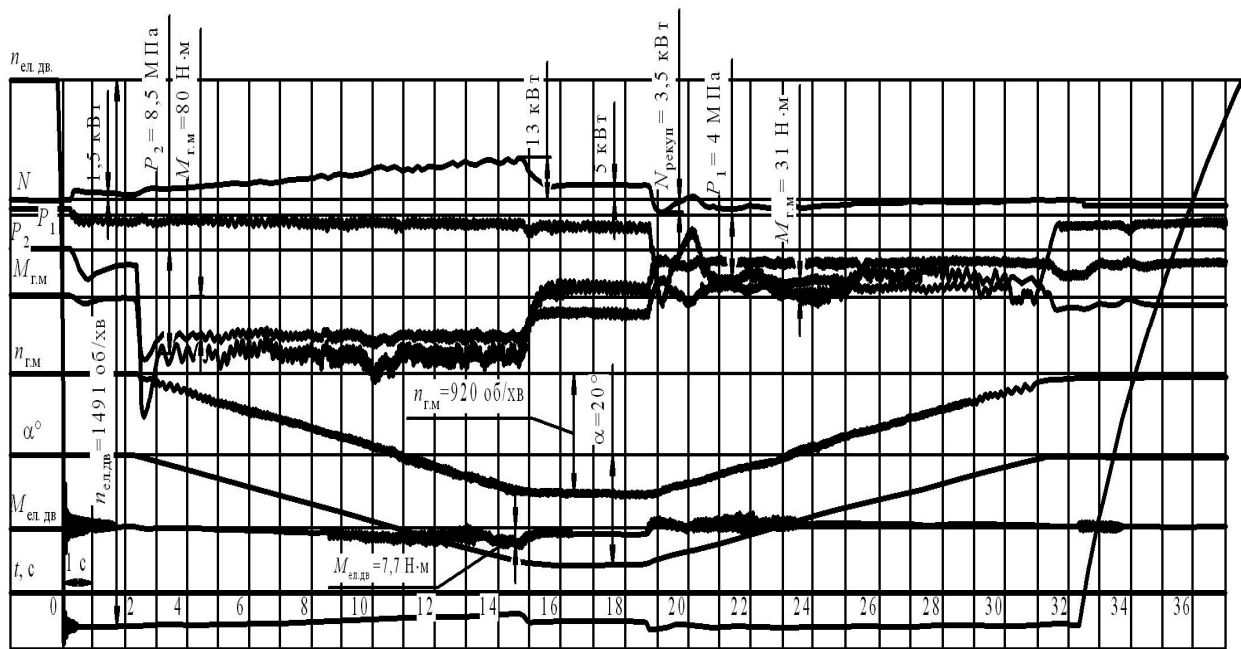


Рис. 1.117. Осцилограма пуско-гальмівного режиму гідроприводу з нормальною інтенсивністю $da/dt = 1,6 \text{ } ^\circ/\text{с}$, $t_{\text{розг}} = t_{\text{гальм}} = 12,5 \text{ с}$

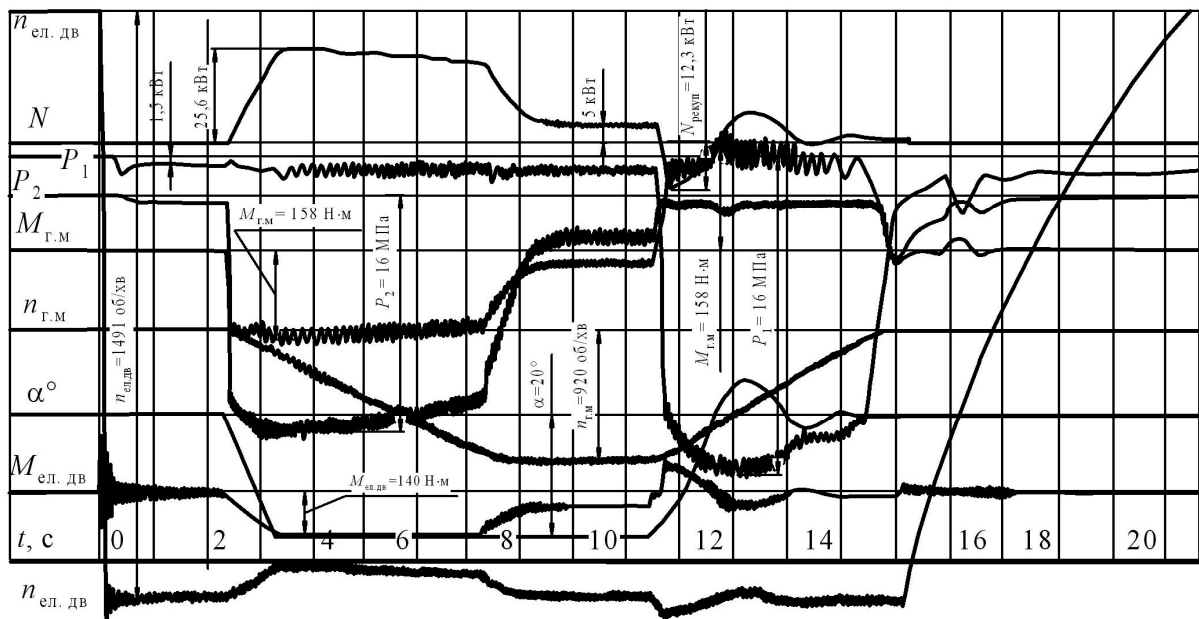


Рис. 1.118. Осцилограма інтенсивного розгону і гальмування гідроприводу $da/dt = 20 \text{ } ^\circ/\text{с}$, $t_{\text{розг}} = 5 \text{ с}$, $t_{\text{галь}} = 3,8 \text{ с}$

Випробування проводилися в умовах другого майданчика споруджуваного цеху Харківського турбогенераторного заводу при температурі навколишнього середовища від -22 до $+10 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Програма і методика досліджень: вимірювані величини та прилади

Випробування проводилися для того, щоб з'ясувати:

- принципову можливість роботи механізму пересування мостового крана, оснащеного роздільним гідростатичним приводом із насосами регульованої продуктивності;
- працездатність запропонованої системи дистанційного керування двома насосами регульованої продуктивності;
- глибину регулювання швидкості гідроприводу у натурних умовах;
- характер і величину динамічних зусиль, що виникають у валопроводі механізму пересування;
- здатність гальмування гідроприводу без механічних гальм;
- здатність гідроприводу рекуперувати енергію в мережу при гальмуванні.

Порівняльні випробування гідростатичного й електромеханічного приводів проводилися з вантажами 5, 10, 15, 20, 25, 30 т при трьох положеннях візка уздовж прольоту моста (середньому й обох крайніх) і трьох положеннях вантажу за висотою.

Випробування для обох приводів проводилися при нормальній інтенсивності розгону і гальмування, у режимі максимально можливої інтенсивності розгону і гальмування, гальмування противмиканням, аварійного гальмування (гідропривід).

Для оцінки роботи гідроприводу на осцилографі записувалися такі параметри:

M_1 і M_2 – крутні моменти у трансмісійних валах обох гідроприводів;

P_1 і P_2 – тиск у обох трубопроводах високого тиску одного з гідроприводів;

N_1 і N_2 – потужність споживана й рекуперована обома привідними двигунами гідроприводів;

α – кут повороту валка (керуючий вплив) дистанційного керування одного з насосів;

φ – кут відхилення вантажних канатів;

$n_{\text{ГМ}}$ – швидкість обертання вихідного вала одного з гідромоторів;

$n_{\text{ед}}$ – швидкість обертання одного з привідних електродвигунів гідроприводу;

позначка «г.м» – імпульсний лічильник обертів одного з гідромоторів;

позначка «е.д» – імпульсний лічильник обертів одного з привідних електродвигунів;

t – час.

Становить інтерес методика запису і тарування окремих параметрів:

– крутні моменти M_1 і M_2 у трансмісійних валах, що з'єднують редуктор із ходовим колесом, записуються за допомогою тензодатчиків. У зв'язку з невеликою швидкістю обертання трансмісійного вала (30 об/хв) і обмеженою довжиною пробігу крана (50 м) виявилось можливим виконувати передачу сигналів із тензодатчиків без застосування струмознімачів. Екранований кабель при цьому намотувався на трансмісійний вал.

Для запобігання заплутуванню екранованого кабеля й автоматизації (без участі експериментатора) процесів навивання і звивання кабеля трансмісійного вала було розроблено систему, що складається з відхильного рольганга, рухомого блока й вантажу.

Для тарування датчиків крутного моменту (рис. 1.118) був використаний мірний важіль (завдовжки 1 м), що кріпиться на зубчастій муфті ходового колеса, пружинний динамометр, гвинтовий стягуючий пристрій, гальмівний пристрій для стопоріння вихідного вала гідромотора. Для проведення тарування привідна система крана за допомогою домкратів піднімалася (ходові колеса крана відривалися від рейок), гвинтовим стягуючим пристроєм на трансмісійному валу створювався крутний момент, величина якого визначалася за показниками динамометра й одночасно записувалася на осцилограф.

У процесі проведення експериментів тарування крутного моменту проводилися кілька разів:

– тарування датчиків тиску P_1 і P_2 проводилося безпосередньо на мосту крана за допомогою вантажопоршневого манометра МП-60 таким самим способом, як і при проведенні стендових досліджень. Тарування датчиків безпосередньо на крані перед випробуваннями й у процесі випробувань виключало можливість внесення похибки, яка могла мати місце при таруванні лише у стендових умовах;

– споживана і рекуперована потужність обох приводів, як і у стендових випробуваннях, записувалася за допомогою приладів

П004. Тарування здійснювалося безпосередньо на крані за показниками двох астатичних ватметрів. При таруванні датчиків потужності ходові колеса привідної сторони крана, як і при таруванні датчиків крутного моменту, відривалися від рейок за допомогою домкратів.

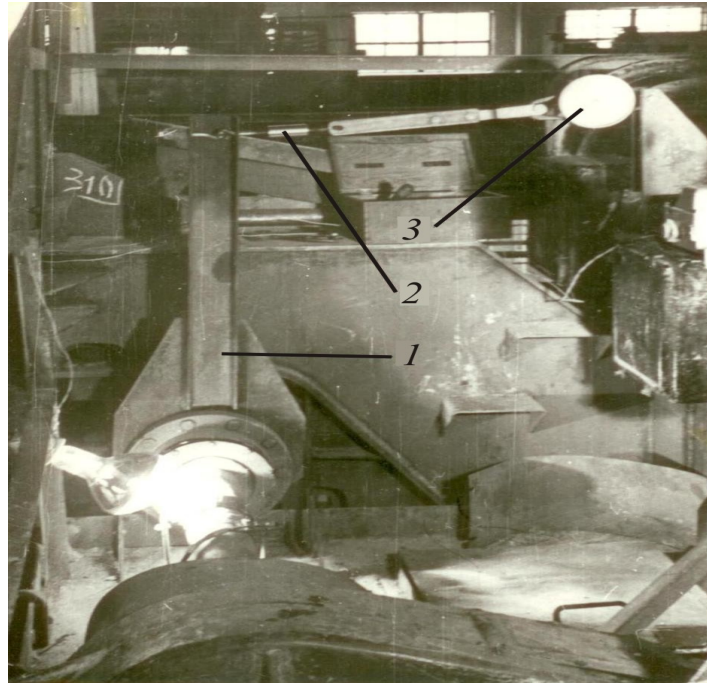


Рис. 1.119. Тарування датчиків крутного моменту трансмісійного вала (м. Харків, II майданчик заводу «Турбоатом»):
1 – мірний важіль; 2 – гвинтовий стягуючий пристрій; 3 – динамометр

Навантаження гідроприводу здійснювалося за допомогою спеціального механічного стрічкового гальма, встановлюваного на з'єднувальну муфту гідромотора.

– Величина кута повороту коліски насосів α записувалася на осцилограф і тарувалася тими самими засобами й методами, як і при проведенні стендових випробувань.

– Для запису кутів відхилення вантажних канатів ϕ застосовувався спеціально сконструйований датчик реохордного типу, що охоплює своїми роликами один із вантажних канатів головного підйому (рис. 1.121). Тарування датчика виконувалося за величиною дуги відхилення вантажу від нейтрального положення з наступним геометричним перерахуванням. Для правильного тарування на гак підвішувався вантаж $Q = 5$ т для того, щоб тримати всі вантажні канати у натягнутому положенні.

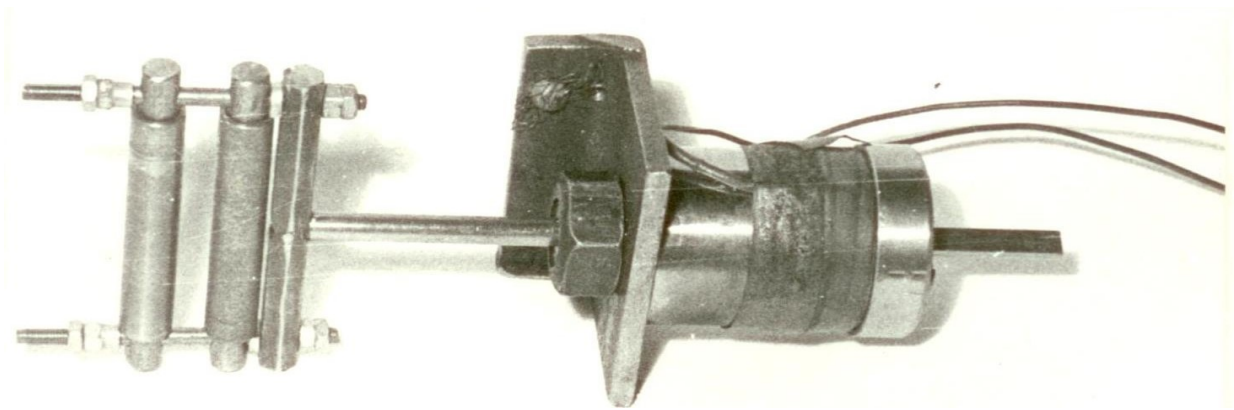


Рис. 1.120. Датчик кута відхилення вантажних канатів

Тарування кута φ за величиною дуги відхилення однієї лише гакової підвіски (вага 90 кг) дає неправильні результати внаслідок відхилення вантажних канатів за деякою параболою, а не за прямою, як це має місце при відхиленні підвіски з достатнім вантажем.

Вантаж вагою 5 т за допомогою мускульної сили приводиться у коливання з наперед заданою амплітудою. Одночасно проводився запис показань на осцилограф. На рис. 1.121 наведено установку датчика кута відхилення канатів на візку.

– Параметри $n_{\text{гм}}$, $n_{\text{ед}}$ тарувалися й записувалися на осцилограф тими самими методами, що й при проведенні стендових випробувань. Це саме стосується позначок «гм» і «ед» і датчика часу.

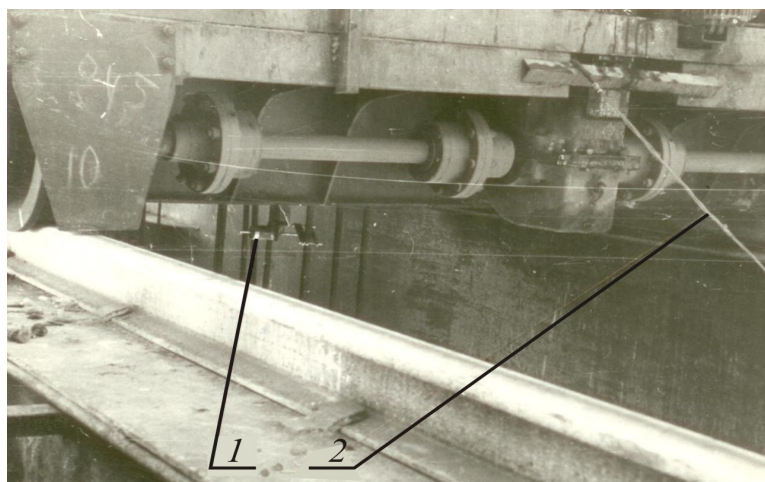


Рис. 1.121. Встановлення датчика кута відхилення канатів головного підйому (м. Харків, II майданчик заводу «Турбоатом»):
1 – датчик; 2 – дроти для передачі показань датчика на осцилограф

На рис. 1.122 наведено електричну схему вимірів параметрів при випробуванні роздільного гідростатичного приводу.

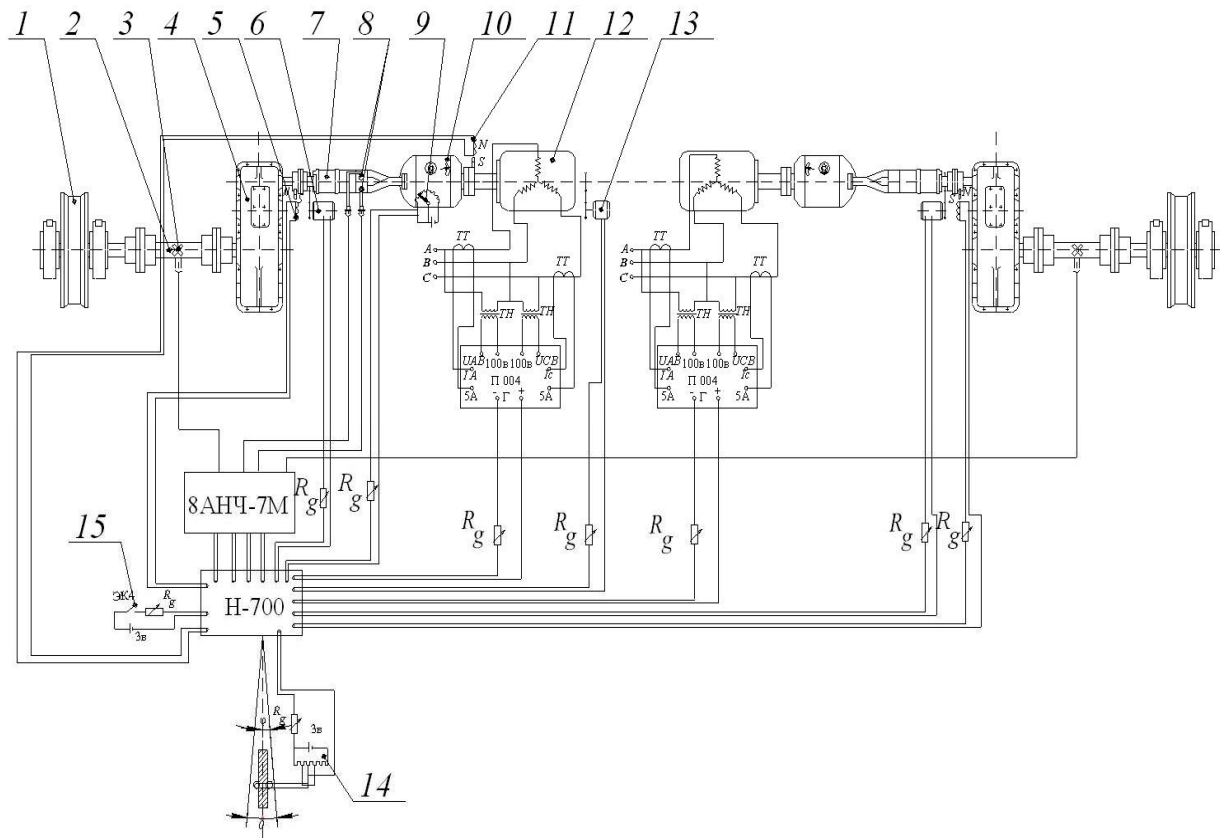


Рис. 1.122. Електрична схема виміру параметрів при випробуванні гідростатичного приводу: 1 – ходове колесо; 2 – трансмісійний вал; 3 – датчик крутного моменту; 4 – редуктор; 5 – імпульсний датчик кількості обертів гідромотора; 6 – тахогенератор гідромотора; 7 – гідромотор; 8 – датчик тиску; 9 – датчик кута повороту валика керування продуктивністю насосів; 10 – насос ПД № 5; 11 – датчик кількості обертів електродвигуна; 12 – електродвигун; 13 – тахогенератор електродвигуна; 14 – датчик кутів відхилення каната; 15 – контактний годинник

Основна частина досліджень проводилася при номінальному вантажі у 30 т (рис. 1.123).

На рис. 1.124 наведено електричну схему вимірів параметрів при випробуванні роздільного електромеханічного приводу.

При випробуванні роздільного електромеханічного привода (рис. 1.125) на осцилограф записувалися тими ж методами ті самі параметри, що й у гідростатичного приводу, за винятком суто гідравлічних – P_1 , P_2 , α , $n_{\text{ГМ}}$, позначка «ГМ».

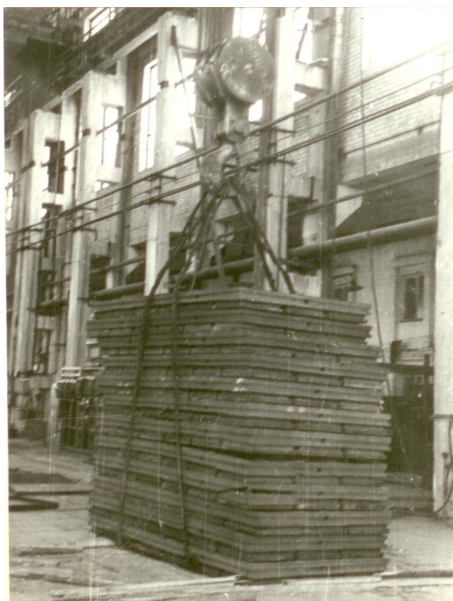


Рис. 1.123. Дослідний вантаж вагою 30 т
(м. Харків, II майданчик заводу «Турбоатом»)

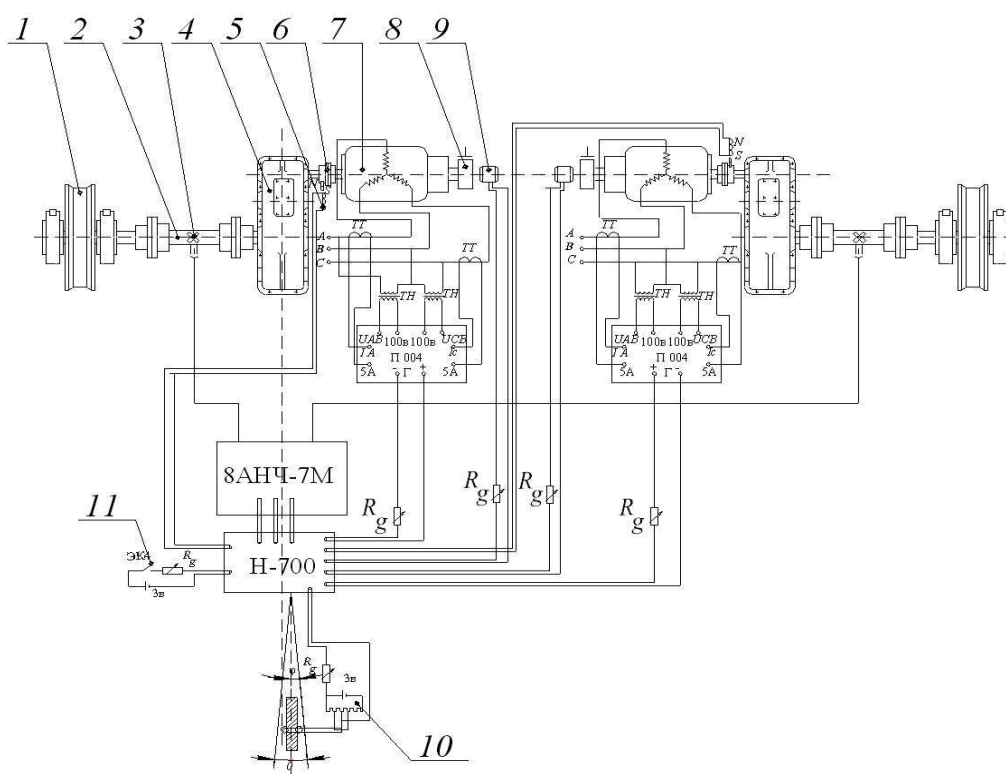


Рис. 1.124. Електрична схема вимірів параметрів при випробуванні роздільного електромеханічного приводу: 1 – ходове колесо; 2 – трансмісійний вал; 3 – датчики крутного моменту; 4 – редуктор; 5 – імпульсний датчик кількості обертів електродвигуна; 6 – муфта; 7 – електродвигун; 8 – гальмо ТКТГ-200; 9 – тахогенератор електродвигуна; 10 – датчик кутів відхилення каната; 11 – контактний годинник

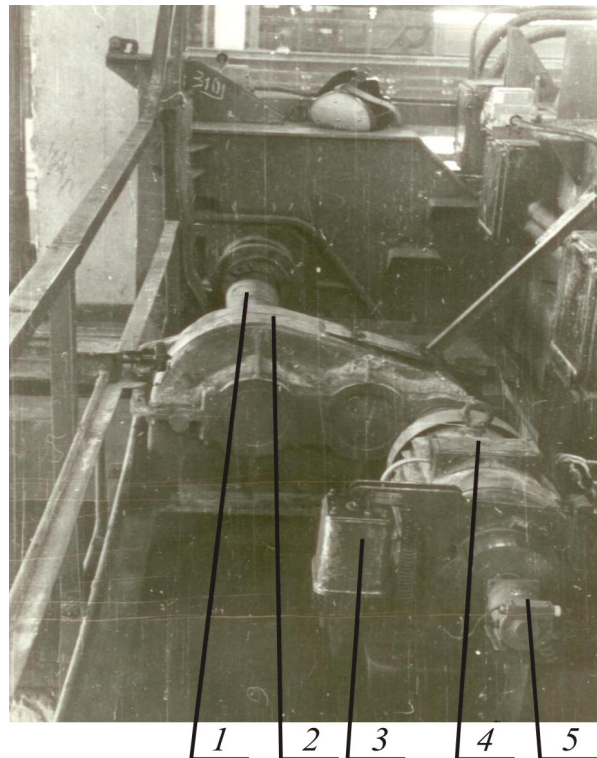


Рис. 1.125. Електромеханічний привід лівої кінцевої балки
(м. Харків, II майданчик заводу «Турбоатом»):
1 – трансмісійний вал; 2 – редуктор; 3 – гальмо; 4 – електродвигун;
5 – тахогенератор

Дослідження пуско-гальмівних режимів роботи роздільного гідростатичного приводу мостового крана

Для можливості порівняння результатів дослідження гідростатичного й електромеханічного приводів потрібно кран розганяти й гальмувати за однаковий час (в обох приводів) у всіх циклах, при всіх навантаженнях, положеннях візка і т. ін.

Вручну, навіть із застосуванням секундоміра, це завдання може бути виконано досить приблизно.

Для рівномірного збільшення та зменшення швидкості у часі було використано систему автоматичного керування гідроприводом, опис якої наведено раніше.

Час рівноприскореного розгону крана з такою системою дорівнює 12–13 с, що відповідає середньодослідним даним для кранів вантажопідйомністю 30 т, оснащених електромеханічним приводом.

Випробування гідростатичного приводу проводилися на таких режимах роботи: автоматичний розгін і гальмування з

номінальним прискоренням і гальмуванням, розгін крана з максимальним прискоренням і гальмуванням.

На копії осцилограми (рис. 1.126) наведено розгін і гальмування крана без вантажу. Розгін і гальмування автоматичні з $t_{\text{розг}} = 12,5$ с; $t_{\text{гальм}} = 12$ с. Як видно з осцилограми, процеси пуску і гальмування протікають винятково плавно, крутні моменти у трансмісійних валах досить незначні, тиски також дуже малі. Зміна швидкості при розгоні і гальмуванні у часі має лінійний характер і слідує за зміною параметра α .

Напрямки крутних моментів M_1 і M_2 за фазою узгоджуються з напрямком пересування крана, що свідчить про досить високий ступінь синхронізації вихідних швидкостей гідромоторів.

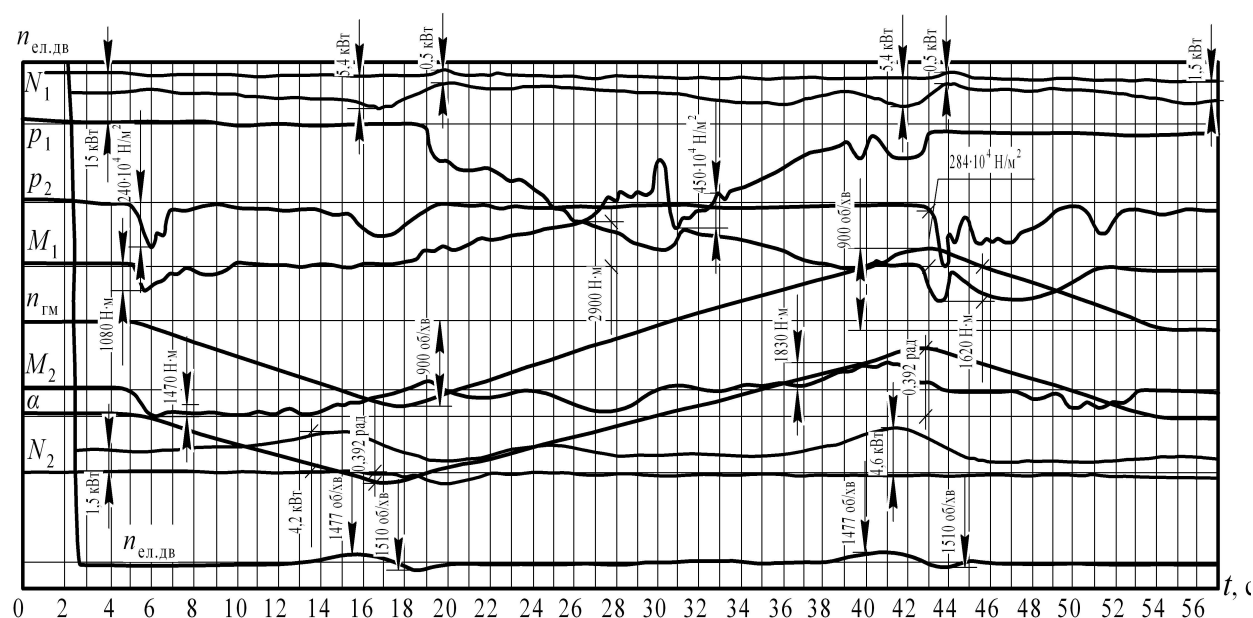


Рис. 1.126. Осцилограма розгону і гальмування крана з гідростатичним приводом: $Q = 0$ т; $t_{\text{розг}} = 12,5$ с; $t_{\text{гальм}} = 12$ с

Процеси супроводжуються незначним споживанням і рекуперацією потужності.

На рис. 1.127 наведено осцилограму інтенсивних процесів розгону і гальмування крана без вантажу на гаку. Час виведення насоса на встановлену продуктивність, як і час зворотного процесу, становить 1,5 с. Час розгону крана до усталеної швидкості – 3,5 с, час гальмування – 3 с. У процесі розгону й у процесі гальмування спрацьовували запобіжні клапани. Як видно з осцилограми,

тиск у системі у процесі пуску й гальмування перевищував 16 МПа.

Моменти у трансмісійних валах, обмежені цим тиском, були:
 $M_1 = M_2 = 700 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

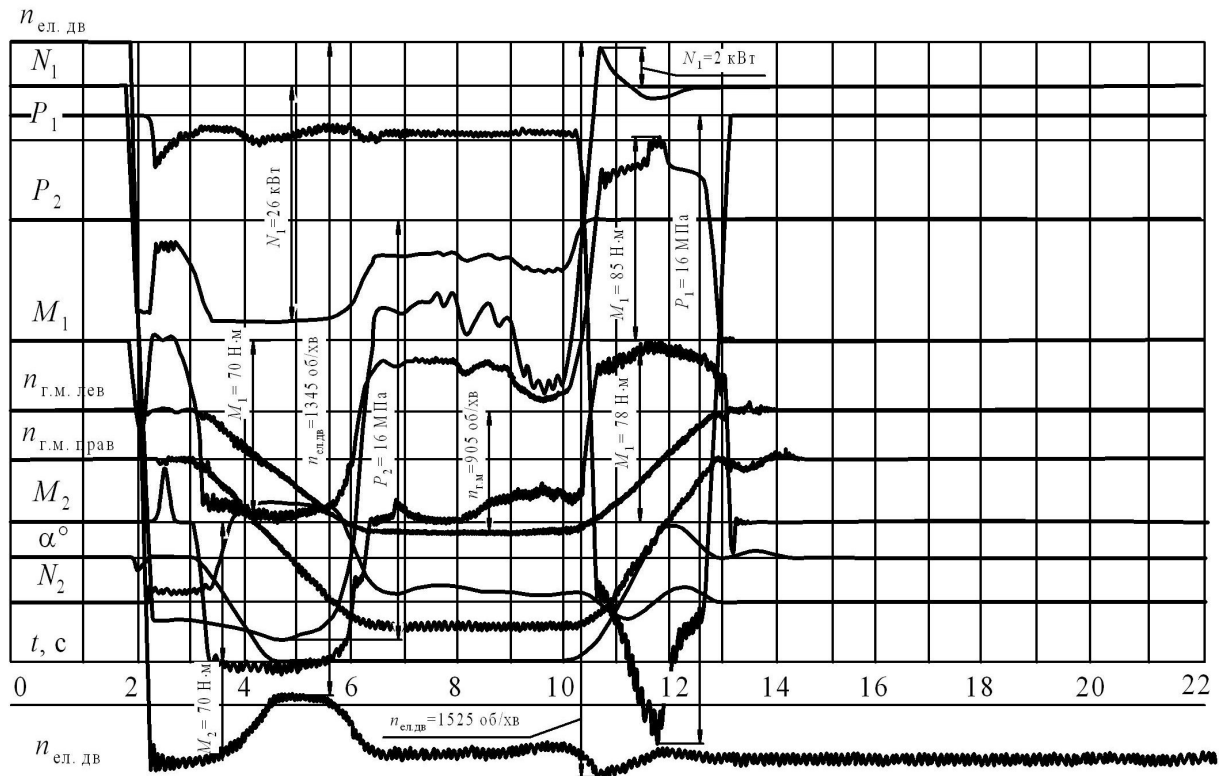


Рис. 1.127. Осцилограма інтенсивного розгону і гальмування крана з гідростатичним приводом: $Q = 0 \text{ т}$; $t_{розг} = 3,5 \text{ с}$; $t_{гал} = 3 \text{ с}$

Розгін і гальмування протікають при постійній величині крутного моменту на трансмісійних валах і постійному тискові у системі. Характер зміни швидкості, прискорення крутного моменту на валу гідромотора знайдено нами раніше.

Судячи з характеру зміни крутного моменту у трансмісійних валах, втрати зчеплення ходових коліс із рейкою при пускові й гальмуванні не відбувається.

Наростання й спад споживаної потужності у часі має характер, сприятливий для електродвигуна. Зростання потужності має приблизно лінійний вигляд, як і при проведенні стендових досліджень. Під час травлення запобіжних клапанів величина споживаної потужності якийсь час утримується приблизно на однаковому рівні.

Після досягнення краном усталеної швидкості споживана потужність різко спадає і встановлюється на рівні статичної.

У процесі гальмування явно видно перехід електродвигуна у генераторний режим роботи, на що вказує зміна за фазою напрямку потужності.

Якісну й кількісну сторону споживання й рекуперації потужності можна також простежити за поведінкою швидкості обертання електродвигуна $N_{\text{ел.дв.}}$. Як видно з осцилограми, величина і напрямок відхилення швидкості від значення холостого ходу повністю за абсолютною величиною і фазою збігаються з характером споживання (рекуперації) потужності.

Характер наростання й спаду швидкості пересування крана має лінійний вигляд. На цій осцилограмі показана зміна швидкості для обох роздільних приводів ($n_{\text{ГМ1}}$, $n_{\text{ГМ2}}$). З осцилограми видно, що обидва приводи обертаються з однаковою швидкістю, як під час розгону, так і в процесі гальмування.

У той же час, цей приклад показує також, що спроба синхронізувати швидкість руху обох сторін крана шляхом виміру й подальшого посилення різниці швидкостей руху сторін крана не реальна – обидва приводи вимушено рухаються з однаковою швидкістю внаслідок великої жорсткості металоконструкції крана. Відключення системи дистанційного керування від мережі, як і у стендових випробуваннях, внаслідок наявності коливального контуру, що складається з пружини нуль-установлювача і махових мас серводвигуна, викликає роботу приводу у режимі гідравлічного противмикання, що супроводжується збільшенням споживаної потужності.

На рис. 1.128 наведено осцилограму розгону і гальмування крана з вантажем $Q = 30$ т на гаку. Час розгону крана $t_{\text{розг}} = 13,5$ с, час гальмування $t_{\text{гальм}} = 12,5$ с. Довжина підвісу вантажу – 13 м. Незважаючи на наявність гнучкого підвісу вантажу зміна швидкості пересування крана при розгоні і гальмуванні має лінійний характер у часі. Це пояснюється плавністю рухання крана з місця й сталістю прискорення і гальмування, з яким рухається кран. Коливання вантажу мають місце, але вони не достатні для того, щоб помітно вплинути на лінійний характер зміни швидкості пересування крана. Вплив гнучкого підвісу вантажу позначається на зміні тиску у напірній магістралі. Так,

при зрушенні з місця тиск підвищується до 12,5 МПа, а потім спадає майже до «0» (вантаж відхилився у бік пересування крана). У кінцевій фазі розгону тиск знову підвищується (вантаж відхилився у бік, протилежний руху крана).

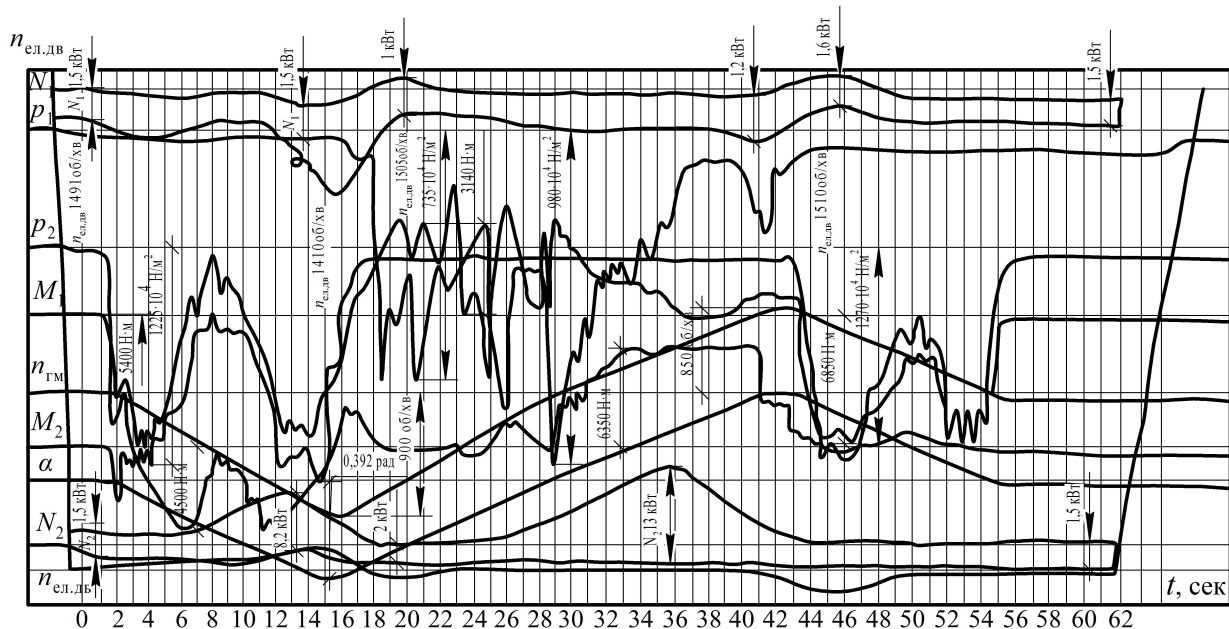


Рис. 1.128. Осцилограма розгону і гальмування крана з гідростатичним приводом: $Q = 30$ т; $t_{\text{розг}} = 13,5$ с; $t_{\text{гал}} = 12,5$ с

Крутні моменти у трансмісійних валах змінюються у повній відповідності (за фазою) зі зміною тиску у напірних трубопроводах.

Згідно зі швидкістю пересування крана і тиском у трубопроводах змінюється споживана і рекуперована потужність. Споживана потужність досягає максимуму при досягненні максимальної швидкості. Рекуперована потужність досягає максимуму на початку гальмування, що узгоджується з даними стендових досліджень і теоретичними викладками.

Зміну потужності, споживаної одним із гідроприводів N_1 , добре можна простежити і за зміною параметра $n_{\text{ел.дв}}$ – швидкості обертання електродвигуна.

Виміри, виконані за допомогою імпульсних датчиків кількості обертів гідромотора, показали, що глибина регулювання швидкості мостового крана з вантажем $Q = 30$ т на гаку дорівнює 1:250 (на рис. 1.129 наведено осцилограму випробувань крана з

$Q = 30$ т), довжина підвісу вантажу – 13 м. Час розгону $t_{\text{розг}} = 6$ с, час гальмування $t_{\text{гал}} = 4,5$ с. Візок, як і в трьох раніше описаних осцилограмах, перебуває посередині прольоту крана.

Зміна всіх параметрів у часі приблизно така сама, як і при інтенсивному розгоні крана без вантажу – осцилограма на рис. 1.130. У зв'язку зі збільшенням зовнішніх навантажень маємо більш розтягнутий у часі перехідний процес пуску і гальмування. Як і в осцилограмі на рис. 1.129, перехідні процеси супроводжуються травленням запобіжних клапанів.

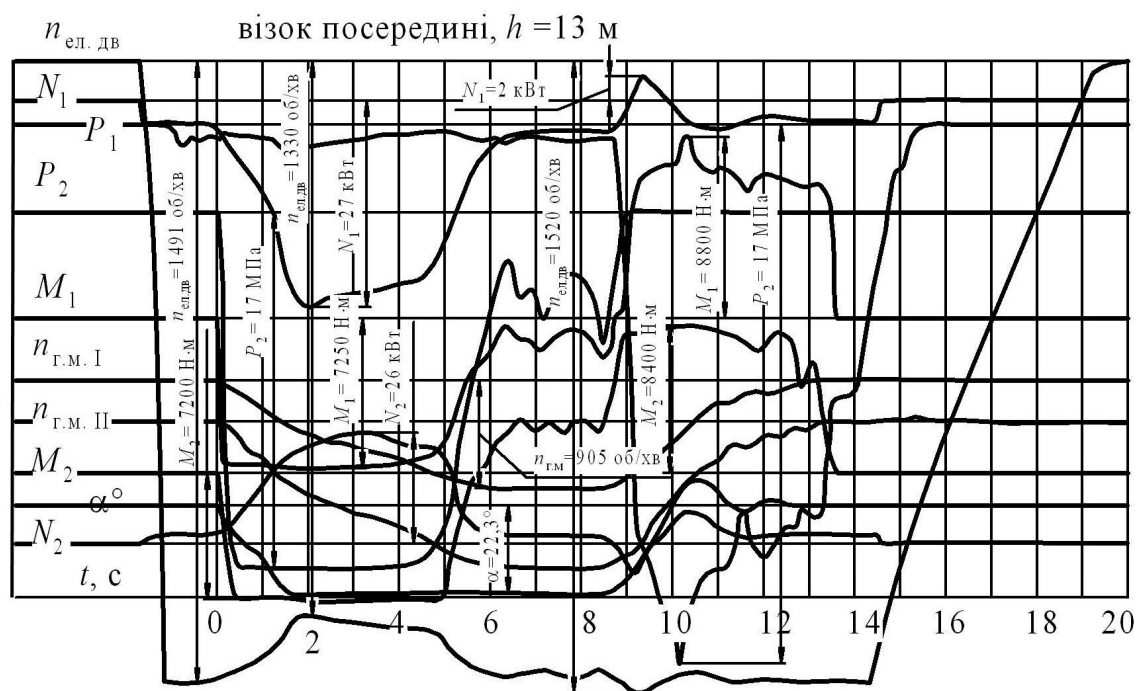


Рис. 1.129. Осцилограма інтенсивного розгону і гальмування крана з гідростатичним приводом: $Q = 30$ т; $t_{\text{розг}} = 6$ с; $t_{\text{гал}} = 4,5$ с

При розгоні і гальмуванні, що протікають із такою інтенсивністю, маємо явно виражений вплив гнучкого підвісу вантажу на характер зміни швидкості ($n_{\text{гм1}}$, $n_{\text{гм2}}$) при розгоні і гальмуванні. Крива швидкості не має лінійної зміни у часі, як це було нами відзначено у попередніх осцилограмах. Падіння прискорення пов'язано з відхиленням вантажу у бік, протилежний напрямку пересування; збільшення прискорення пов'язано зі збігом напрямку відхилення вантажу з напрямком руху. Аналогічно протікає процес гальмування крана. Однак, як стане ясно із зіставлення з осцилограмами пуско-гальмівних режимів електро-механічного привода, вплив гнучкого підвісу вантажу на

відхилення від прямої зміни швидкості пересування крана при розгоні і гальмуванні гідростатичного приводу набагато менший, ніж в електромеханічному приводі.

Дослідження показали досить високу якість електронної системи керування. Завдяки цьому крутні моменти були приблизно однакові в обох трансмісійних валах, незалежно від положення візка з вантажем уздовж прогону мосту. Так, наприклад, у процесі розгону крана з нормальною інтенсивністю ($t_{\text{уст}} = 12,5$ с) і при вантажі у 30 т крутні моменти у лівому M_1 і правому M_2 приводах були: при візку, розташованому посередині, $M_1 = 540$ Н·м, $M_2 = 437$ Н·м; при візку, розташованому біля правої кінцевої балки, $M_1 = 545$ Н·м, $M_2 = 437$ Н·м; при візку, розташованому біля лівої кінцевої балки, $M_1 = 645$ Н·м, $M_2 = 525$ Н·м. Аналогічний розподіл моментів спостерігався і при розгоні та гальмуванні з максимально можливою інтенсивністю. У процесі випробувань гідростатичного приводу максимальні крутні моменти у трансмісійних валах сягали значення 775 Н·м – при інтенсивному розгоні і 860 Н·м – при інтенсивному гальмуванні.

Випробування показали працездатність приводу і системи керування при експлуатації на усіх режимах.

1.9.8.5. Реєстрація даних і зворотний зв'язок при дослідженнях пуско-гальмівних режимів роботи електромеханічного приводу

Для можливості порівняння результатів досліджень електромеханічного і гідростатичного приводів час розгону механізму пересування з електромеханічним приводом витримувався за секундоміром, здебільшого, дорівнював приблизно 12 с.

На рис. 1.130 наведено осцилограму пуско-гальмівного режиму роботи електромеханічного приводу механізму пересування мостового крана без вантажу ($Q = 0$ т).

Час розгону крана $t_{\text{розг}} = 11$ с; час гальмування $t_{\text{гальм}} = 3,5$ с. Незважаючи на відсутність вантажу на гаку зміна швидкості пересування крана n у часі не має лінійного вигляду, як у гідростатичному приводі. У проміжку часу між увімкненням першого й другого рівнів регулювальних резисторів (0–4 с) зміна швидкості ω і прискорення ε описуються за допомогою формул, запропонованих А.Г. Меклером:

$$\omega = \omega_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right); \quad \varepsilon = \omega_0 \frac{1}{T} e^{-\frac{t}{T}},$$

де ω_0 – кутова усталена швидкість, відповідно до статичного моменту $M_{\text{ст}}$ опору; $T = I \frac{\omega_0}{M_{\text{max}}}$ – механічна стала часу системи; t – поточний час.

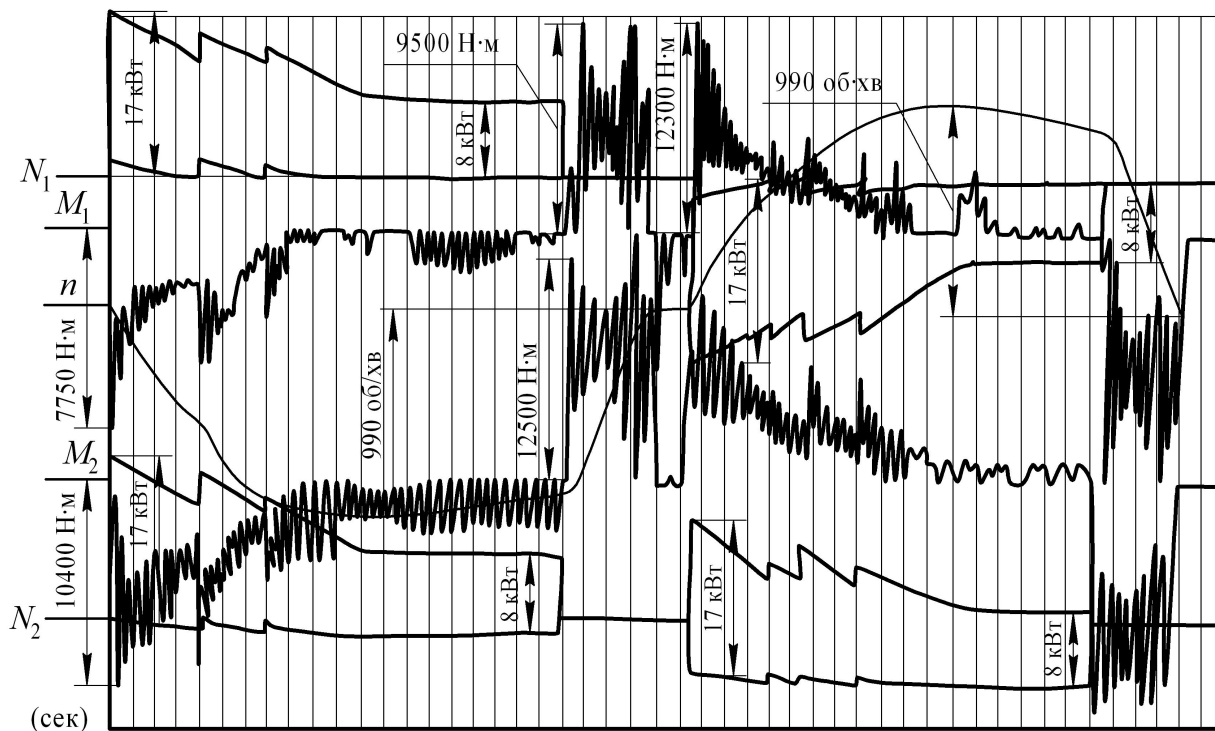


Рис. 1.130. Осцилограма розгону і гальмування крана з електромеханічним приводом: $Q = 0$ т; $t_{\text{розг}} = 11$ с; $t_{\text{гал}} = 3,5$ с

Наведена формула ω добре узгоджується із графіком $n = f(t)$, наведеним на осцилограмі (рис. 1.130) в інтервалі часу 0–4 с. У точці, що відповідає $t = 4$ с, зроблено вимикання другого рівня резисторів. На осцилограмі цьому моменту часу відповідає різкий стрибок прискорення і стрибок M крутного моменту в трансмісійних валах. І т.д. аж до виходу електродвигуна на природну характеристику.

На відміну від характеру зміни швидкості під час розгону крана, зміна швидкості у процесі гальмування має лінійний вигляд.

Зміна споживаної потужності у часі характеризується східчастою формою. Кожній «сходинці» відповідає введення сходинки регульовальних резисторів. На відміну від гідростатичного приводу, в електромеханічному приводі найбільша потужність споживається на початку розгону крана (на одній сходинці резисторів) і найменша – наприкінці розгону. Ця обставина визначає напружений тепловий режим електродвигуна з фазним ротором. Найбільшої абсолютної величини крутні моменти досягають при пуску і гальмуванні приводу. Величини крутних моментів у трансмісійних валах електромеханічного приводу (рис. 1.130–1.133) завжди більші, ніж при використанні гідростатичного приводу (див. рис. 1.126–1.129) при однаковому часі розгону й (гальмування) однакових величинах зазорів у редукторі і трансмісійному валі. Електромеханічний привід характеризується незмінною величиною гальмівного моменту M_T та швидкодією наростання цього моменту до номінального значення.

Унаслідок цього виникають великі динамічні навантаження від удару. Крім того, величина жорсткості системи через застосування зубчастих муфт більша, ніж гідростатичного приводу, де використані гумово-втулочні муфти, що також сприяє появі великих динамічних навантажень. Як видно з осцилограми (рис. 1.130–1.133), в процесі уповільнення гальмівний момент не залишається постійним, а має пікоподібний характер. З цієї причини, як і у період розгону крана, середнє діюче значення гальмівного моменту набагато менше, ніж його максимальне значення. Тому незважаючи на значну різницю у гальмівних моментах електромеханічного ($30 \text{ Н} \cdot \text{м}$) і гідростатичного (максимум – $15,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$ на валу гідромотора) приводів, час гальмування у них практично однаковий.

Величина гальмівного моменту M_T у гідростатичному приводі може регулюватися у широких межах від 0 до $158 \text{ Н} \cdot \text{м}$ на валу гідромотора. Величина M_T (що дорівнює $300 \text{ І} \cdot \text{і}$ для нашого випадку) для механізму пересування з електромеханічним приводом обирається залежно від параметрів крана і рекомендованої величини уповільнення j , м/с^2 . Для нашого випадку рекомендована величина $j = 0,75 \text{ м/с}^2$. Величина j обирається з умови недопущення буксування ходових коліс.

Але чи виправдана така величина уповільнення? Зауважимо, що рекомендована величина прискорення для мостових кранів

$a = 0,25 \text{ м/с}^2$. З точки зору величини зусиль, що виникають при гальмуванні, таке значення уповільнення абсолютно не виправдане, що було зазначено в роботі Ф.К. Іванченка. Але з іншого боку, машиніст повинен мати у своєму розпорядженні доволі потужний момент гальмування для можливості швидкого гальмування при виникненні аварійної ситуації або відключення електроенергії. При нормальній експлуатації машиніст вимушений застосовувати гальмування з номінальним значенням M_T залежно від величини транспортованого вантажу й особливостей технологічного процесу, в якому бере участь кран. У той же час, у випадку необхідності, машиніст може інтенсивно загальмувати кран, адже максимальна величина $M_T = 158 \text{ Н} \cdot \text{м}$ (у нашому випадку) достатня для інтенсивного гальмування, як показано на осцилограмі (див. рис. 1.129).

У результаті різкого гальмування в електромеханічному приводі маємо втрату зчеплення ходових коліс із рейками, що можна визначити за характером зміни крутного моменту (спад $M_{кр}$ до 0, а потім знову різкий сплеск). Аналізуючи осцилограми пуско-гальмівних режимів механізму пересування з гідроприводом, зазначимо, що в жодній з них не відмічені втрати зчеплення ходових коліс із рейкою, навіть у режимі екстреного гальмування.

У сучасному кранобудуванні проблема гальм дуже актуальна, адже колодкові гальма, що випускаються промисловістю, характеризуються непостійністю гальмівного моменту M_T , ударним його прикладенням, неможливістю регулювання величини M_T під час виконання транспортних операцій.

У ручці швидкості системи керування гідростатичним приводом вдало поєднуються функції керування двигуновим і гальмівним режимами. Керуючи швидкістю обертання ручки, можна отримувати бажаний гальмівний момент на валу гідромотора. Регулювання гальмівного моменту безпосередньо у процесі гальмування дуже ефективно може запобігати небажаному розкачуванню вантажу, що не припустимо, наприклад, при транспортуванні розплавлених металів.

На рис. 1.131 наведено осцилограму інтенсивного пуско-гальмівного режиму роботи електромеханічного привода механізму пересування мостового крана. Розгін і гальмування здійснюються без вантажу. Час розгону крана – 3,5 с. Час гальмування – 3,3 с. Візок розташований посередині прольоту крана.

У кінцевій фазі зниження швидкості застосовано гальмування противмиканням.

Великі значення крутних моментів при розгоні пояснюються наявністю зазорів у трансмісії, ударним прикладенням моменту і проходженням електродвигуна через значення перекидного моменту ($M_{\text{пер}} = 320 \text{ Н} \cdot \text{м}$ у електродвигуна МТВ 311-6). Електродвигун із фазним ротором проходить через точку перекидання при швидкому виведенні усіх східців роторних резисторів.

При поступовому виведенні східців роторних резисторів електродвигун виходить на природну характеристику, оминаючи точку перекидання.

Значна величина моменту при гальмуванні пояснюється застосуванням противмикання. При цьому внаслідок ударного впливу з боку електродвигуна виникають більші крутні моменти у трансмісійних валах.

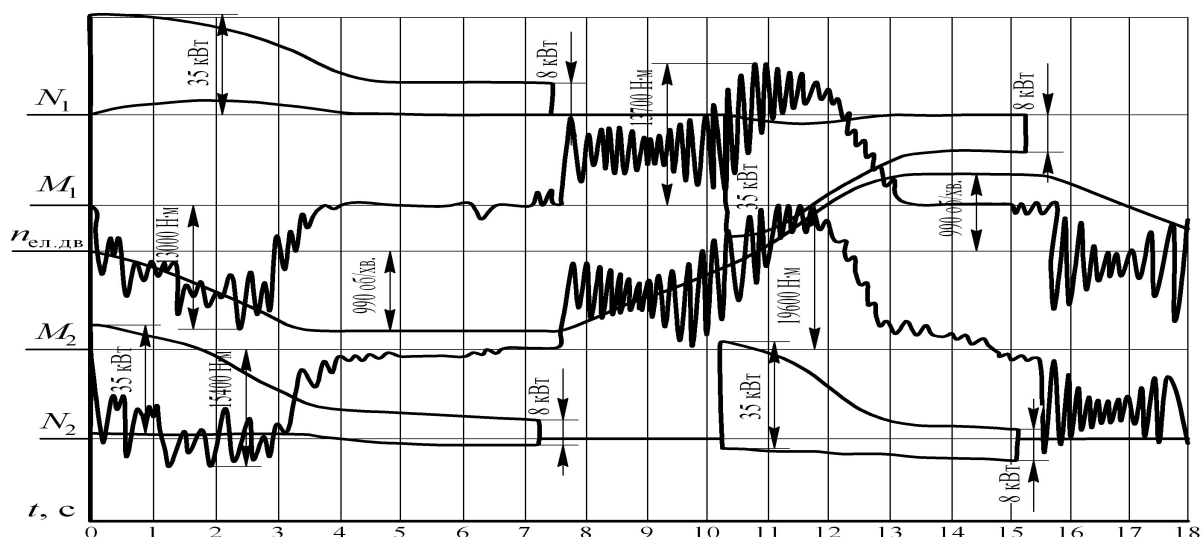


Рис. 1.131. Осцилограма інтенсивного розгону і гальмування крана з електромеханічним приводом: $Q = 0 \text{ т}$; $t_{\text{розг}} = 3,5 \text{ с}$; $t_{\text{гальм}} = 3,3 \text{ с}$

На рис. 1.132 наведено осцилограму пуску і гальмування електромеханічного привода механізму пересування крана з вантажем $Q = 30 \text{ т}$. Візок розташований посередині прольоту крана. Довжина підвісу вантажу – 13 м. Час розгону крана – 13 с, час гальмування – 7 с. Експериментально заміряна глибина регулювання швидкості при цьому становить 1:1,3. Характер зміни швидкості у процесі розгону і гальмування приводу має вигляд, що відрізняється від лінійного. Це зумовлено гнучким підвісом вантажу. Не зважаючи

на незначну величину відхилення вантажу від вертикального положення, його вплив настільки великий, що місцями спричиняє повну втрату прискорення крана.

Характер зміни споживаної потужності та крутних моментів у трансмісійних валах приблизно такий самий, як і при розгоні та гальмуванні крана без вантажу, проведеного з нормальною інтенсивністю.

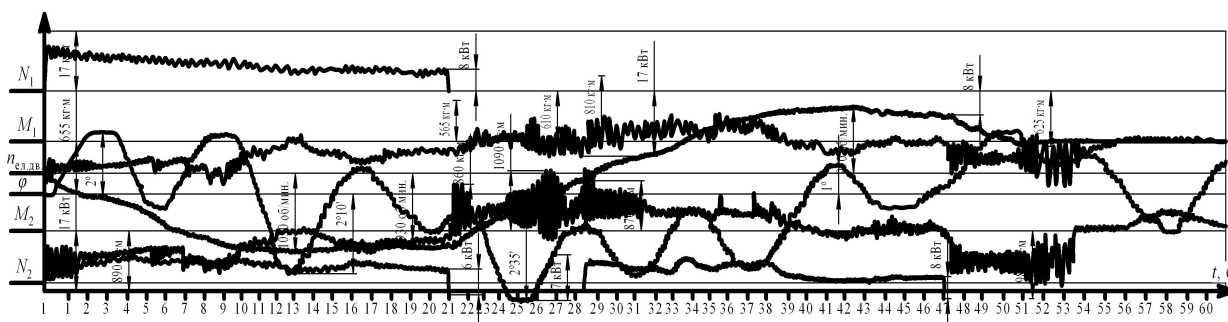


Рис. 1.132. Осцилограма розгону і гальмування крана з електромеханічним приводом: $Q = 30$ т, $t_{\text{розг}} = 13$ с, $t_{\text{гал}} = 7$ с

Деяка відмінність спостерігається в інтервалі $t = 11\text{--}15$ і $40\text{--}43$ с. У ці періоди часу вантаж відхиляється у напрямку пересування крана, що викликає появу гальмівного моменту у трансмісійних валах і явище часткової рекуперації споживаної енергії, що визначається за характером зміни параметрів M_1 , M_2 , N_1 , N_2 .

На рис. 1.133 наведено осцилограму інтенсивного розгону і гальмування крана з вантажем $Q = 30$ т. Довжина підвісу вантажу – 13 м. Розташування візка – середнє. Час розгону – 7 с, час гальмування – 6,5 с.

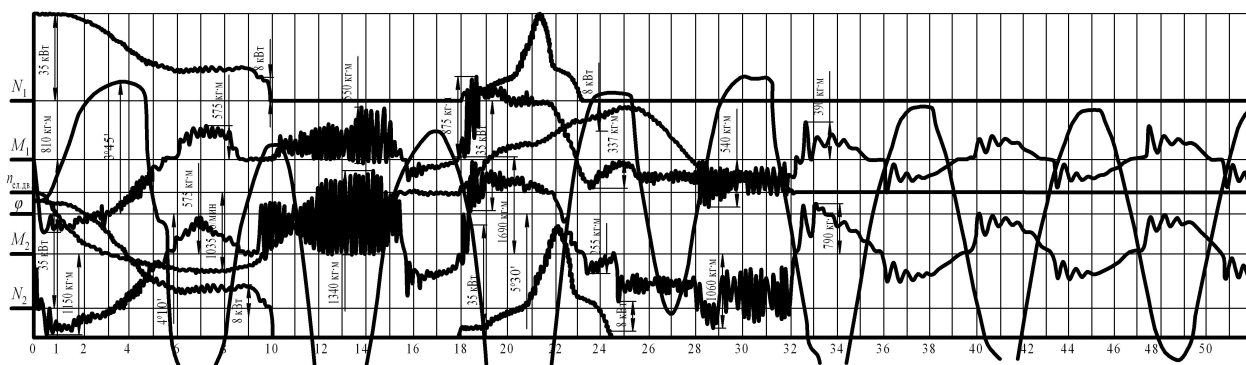


Рис. 1.133. Осцилограма інтенсивного розгону і гальмування крана з електромеханічним приводом: $Q = 30$ т, $t_{\text{розг}} = 7$ с, $t_{\text{гал}} = 6,5$ с

При інтенсивному розгоні крана гнучкий підвіс вантажу чинить великий вплив на зміну швидкості пересування, як при розгоні, так і при гальмуванні. В інтервалі часу 6–9 с спостерігається режим генераторного гальмування, викликаний відхиленням вантажу від вертикалі, що визначається за зміною знака M_1 , M_2 , N_1 , N_2 .

Швидкість електродвигуна при цьому лише незначно підвищилася порівняно з синхронною швидкістю електродвигуна.

Цікаві явища протікають у системі, якщо при сильному відхиленні вантажу у бік пересування крана вимкнути електродвигун і накласти механічні гальма. У цей період (24–26 с) за рахунок горизонтальної складової сили ваги вантажу, що утворюється при відхиленні вантажу до $5^{\circ}30'$, кран, навіть стримуваний гальмами, здатний розігнати електродвигун до швидкості, яка на 10 % перевищує синхронну, тобто до 1100 об/хв.

Процеси гальмування крана з вантажем супроводжуються втратою зчеплення колеса з рейкою, що визначається за характером зміни параметрів M_1 , M_2 .

1.9.5.6. Порівняння експериментальних даних із теоретичними

Проведені експериментальні дослідження дають можливість виконати їх порівняння з даними, отриманими електронним моделюванням і результатами окремих рішень за формулами, наведеними різними дослідниками, і зробити відповідні висновки.

Результати експериментів та їх порівняння з розв'язками на АВМ МН-7 дають підставу стверджувати (рис. 1.134), що отримані моделюванням дані достатньо точно збігаються з експериментальними.

Аналіз осцилограм пуско-гальмівних режимів гідростатичного приводу натурального крана переконує в тому, що висновки, отримані в результаті вивчення осцилограм моделювання, правильні й у застосуванні до натурального крана з гідроприводом.

Експериментальними дослідженнями підтверджені теоретичні припущення: зміна висоти підвісу вантажу не відбивається на величині максимальних динамічних навантажень; наявність зазору у редукторі і зубчастих муфтах незначно відбивається на величині динамічних навантажень у гідростатичному приводі; положення вантажу відносно крана на початку гальмування і

повторного розгону чинить значний вплив на величину динамічних навантажень; величина динамічних навантажень у гідростатичному приводі набагато менша, ніж у електромеханічному приводі.

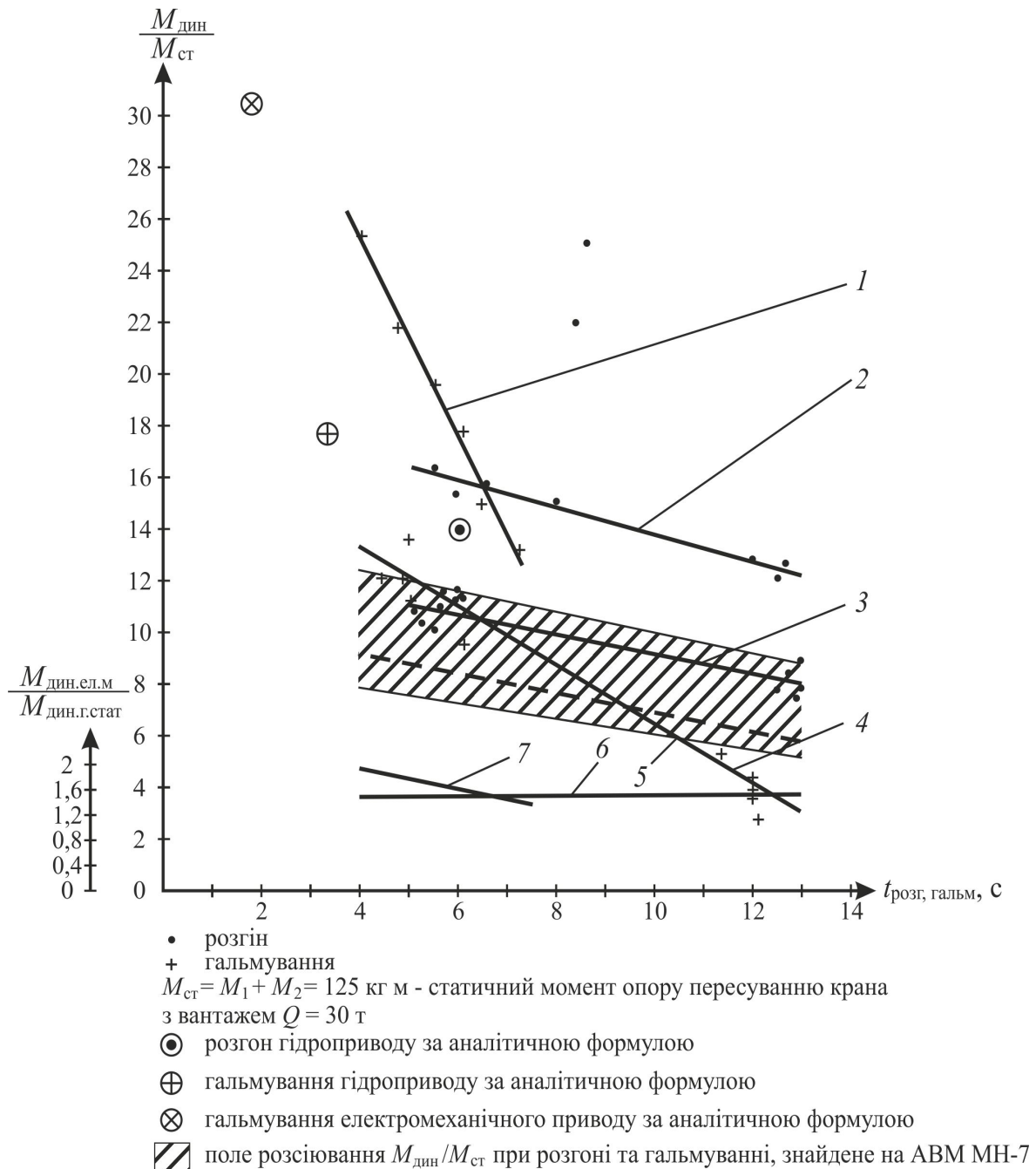


Рис. 1.134. Порівняння динамічних зусиль, знайдених експериментально, з теоретичними: 1 – гальмування електромеханічного приводу; 2 – розгін електромеханічного приводу; 3 – розгін гідростатичного приводу; 4 – гальмування гідростатичного приводу; 5 – розгін (початковий) гідроприводу, знайдено на АБМ МН-7; 6 – графік $M_{\text{д.ел.мех}}/M_{\text{д.г.ст}} = f(t)$ при розгоні; 7 – графік $M_{\text{д.ел.мех}}/M_{\text{д.г.ст}} = f(t)$ при гальмуванні

Як показали досліди на натурному крані, відношення динамічних навантажень в електромеханічному приводі до динамічних навантажень у гідростатичному приводі при розгоні (пряма 6 на рис. 1.134) лежить у межах 1,4–1,5, при гальмуванні – 1,4–1,9.

Як видно з рис. 1.134, верхня межа поля розсіювання $M_{\text{дин}}/M_{\text{ст}}$ при розгоні і гальмуванні лише на 11 % менша, ніж дані, отримані експериментальним шляхом.

Поле розсіювання $M_{\text{дин}}/M_{\text{ст}}$ здебільшого перекриває прямі 3 і 4, отримані у результаті обробки осцилограм натурного крана.

Порівняння рішень, знайдених за теоретичними формулами з експериментальними даними, свідчить, що вони дають завищені на 20–25 % результати, ніж існуючі насправді. Виявляється, що перше наближення формули можуть бути використані у випадку інтенсивного розгону і гальмування зі спрацюванням запобіжних клапанів. Зауважимо, що такий режим роботи крана повинен заборонятися або виключатися можливість його появи засобами автоматики системи керування. Комплекс технічних показників у гідроприводі набагато вищий, ніж у існуючого електромеханічного приводу.

Проведені порівняльні експериментальні дослідження гідростатичного й електромеханічного приводів дають підстави для таких висновків:

- глибина регулювання швидкості пересування крана з гідроприводом при русі з номінальним вантажем у 30 т становить 1:200, що у 150 разів більше, ніж у електромеханічного приводу;

- електронна система керування забезпечує роботу крана на усіх режимах експлуатації. Регулювання системи забезпечує приблизно однакову величину крутних моментів у трансмісійних валах обох приводів, незалежно від положення візка з вантажем у прольоті моста;

- максимальні динамічні навантаження у трансмісійних валах механізму пересування у випадку використання гідростатичного приводу зменшуються у 1,4–1,5 раза при розгоні й у 1,4–1,9 раза при гальмуванні;

- гідростатичний привід здійснює регульоване гальмування з бажаною інтенсивністю без втрати зчеплення ходових коліс із рейкою. Гальмування гідроприводу крана здійснюється з частко-

вою рекуперацією енергії у мережу; за рахунок цього відпадає необхідність у застосуванні механічних гальм;

- порівняння з експериментальними даними свідчить, що рішення, отримані моделюванням на АВМ МН-7, близькі до реальних і можуть бути використані з практичною метою розрахунку на міцність;

- порівняльні випробування показали, що гідростатичному приводу варто надати перевагу у використанні на монтажних, ливарних та інших типів кранів, де потрібна висока плавність роботи і велика глибина регулювання швидкості [17].

1.9.5.7. Система датчиків для випробування приводу з високомоментними гідродвигунами й автоматичним керуванням. НТУ «ХПІ» розроблено нову конструкцію стенда для дослідження роботи роздільного гідростатичного приводу механізму пересування мостового крана з високомоментним гідродвигуном. Стенд дозволяє вивчити роботу приводу при пуско-гальмівному і сталому режимах роботи.

Основними елементами стенда є: привідний електродвигун А071-6, аксіально-поршневий регульований насос ПД № 10, високомоментний гідродвигун ДП-505, редуктор РМ-650, навантажувач, махові маси.

Потрібно зауважити, що високомоментний гідродвигун ДП-505 випускався для застосування у вугільних комбайнах у заглибленому виконанні. Для використання його на крані нами був спроектований і виконаний на Горлівському машинобудівному заводі гідромотор на лапах. Це дало можливості надалі провести стендові випробування в НТУ «ХПІ», а натурні – на мостовому крані Узловського заводу. Насос і гідромотор з'єднані мастилопроводами, на яких розміщені запобіжні та зворотні клапани. Гідродвигун поміщений у литий корпус.

Обертові махові маси встановлені на швидкохідному валу редуктора і являють собою набір дисків різної товщини. Конструкція махових мас дає можливість імітувати та підбирати будь-яку приведену до вала гідромотора кранову махову масу. Варіюючи кількістю і товщиною дисків, можна навантажувати гідродвигун маховим моментом у діапазоні: кран без вантажу;

візок на стороні, протилежній досліджуваній; кран із вантажем; візок на досліджуваній стороні.

Для запобігання небажаному биттю махові маси статично та динамічно збалансовані.

Навантажувач виконаний у вигляді двоколодкового гальма і призначений для поглинання потужності, що розвивається гідродвигуном. Зусилля натискання колодок залежить від підвішеного вантажу, величина якого розраховується залежно від опору пересуванню крана. Через те що навантажувач встановлений на швидкохідному валу редуктора, момент на валу гідромотора буде більшим на величину передавального відношення редуктора з урахуванням його ККД.

Одночасно проводиться вимірювання крутного моменту і швидкості обертання валах електро- і гідродвигунів, тиску в мастилопроводах, температури мастила в насосі. Всі ці параметри фіксуються в часі.

Крутний момент від привідного електродвигуна на ваговий пристрій передається баланси́рним підвісом і через систему важеля – на балку з тензодатчиками.

На рис. 1.135 наведено електричну схему стендових експериментальних досліджень гідростатичного приводу.

Швидкість обертання привідного вала електродвигуна фіксується на осцилографі за допомогою тахогенератора постійного струму з самозбудженням ТМГ-30П 1, встановленого біля електродвигуна. Висока напруга гаситься додатковим опором 13. Тарують тахогенератор за допомогою високоточного тахометра годинникового типу. Швидкість обертання вала електродвигуна може також визначатися візуально за показаннями вольтметра постійного струму М-359.

Оберти вала гідродвигуна реєструються на папір осцилографа Н-700 12 за допомогою імпульсного (один імпульс за один оберт) індуктивного датчика і відмітника часу. Постійний магніт 9 закріплений на диску муфти, а індуктивна котушка 8 – нерухомо на кронштейні.

Крутні моменти, що розвиваються електродвигуном і гідромотором, записуються за допомогою тензодатчиків 15, 7, наклеєних на балку (від електродвигуна) і на валу гідродвигуна.

Сигнали від датчиків на осцилограф передаються через підсилювач 8АН4-7М 10.

Загальний ККД електрогідравлічного приводу визначається для різних навантажень за величинами моментів і обертів.

Тиск у магістральних мастилопроводах реєструється датчиками тиску 5. Сигнал від датчиків через підсилювач передається на осцилограф. Для візуального спостереження зміни тиску встановлені манометри 6.

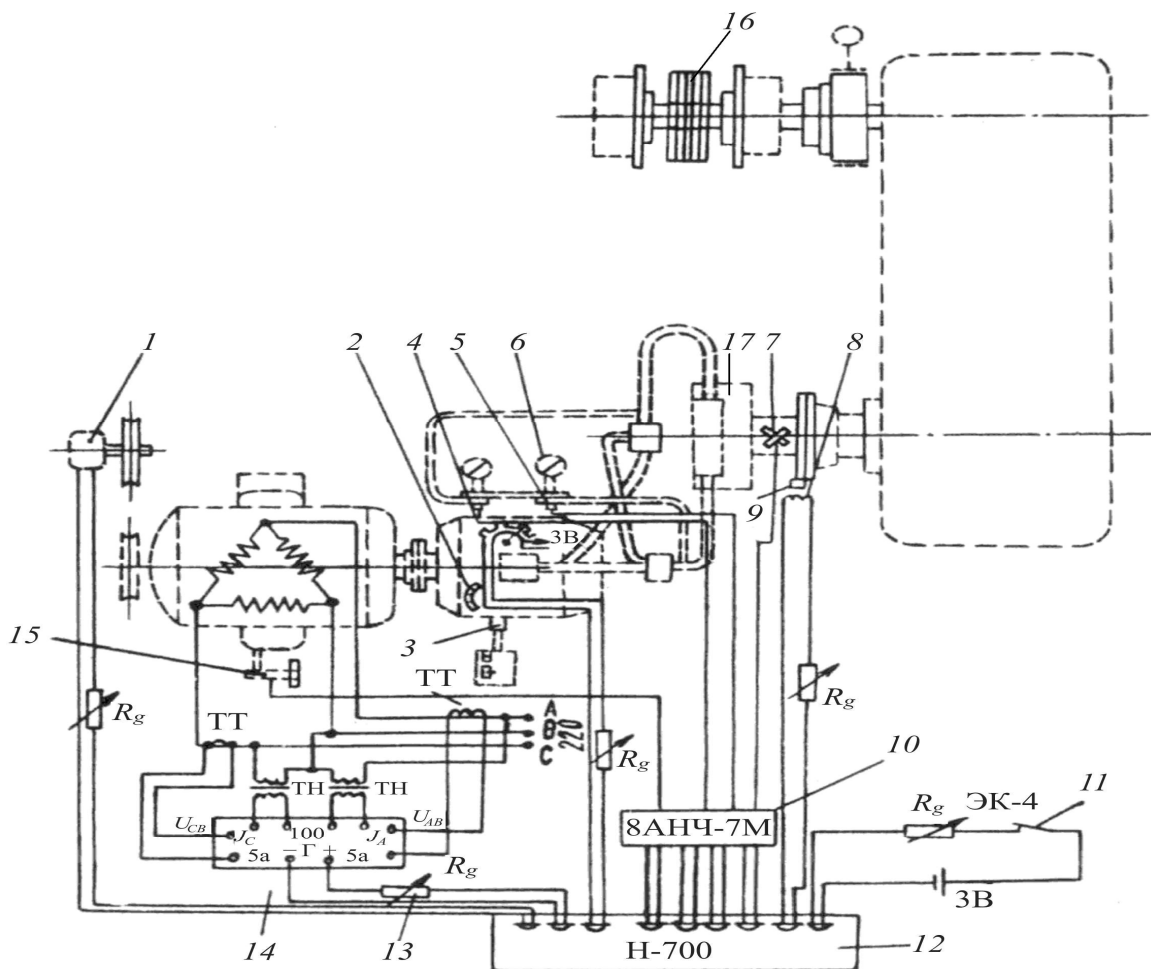


Рис. 1.135. Електрична схема стендових експериментальних досліджень гідростатичного приводу (конструкція стенда з високомоментним гідромотором): 1 – тахогенератор постійного струму з самозбудженням; 2 – лiмб; 3 – термопара хромель-капель; 4 – датчик кутів повороту; 5 – датчики тиску; 6 – манометри; 7, 15 – тензодатчики; 8 – iндуктивна котушка; 9 – постійний електромагніт; 10 – підсилювач; 11 – контактний годинник; 12 – осцилограф; 13 – додатковий резистор; 14 – П004; 15 – балка з тензодатчиками; 16 – махові маси; 17 – високомоментний гідромотор

Температура мастила в насосі визначається за показаннями електронного автоматичного безреохордного мініатюрного самописного потенціометра ЕПСМ4. Як датчик температури використовується термопара хромель-капель 3.

Датчики тиску, температури та манометри розташовані на колоні контрольно-вимірювальних приладів. У необхідних випадках разові записи температури можуть бути зроблені і на осцилографі.

Продуктивність насоса (кут повороту вала силового керування) записується за допомогою реохордного датчика кутів повороту ДУП-1 4. Візуально продуктивність визначається за лімбом 2.

Потужність, споживана привідним електродвигуном, записується на осцилограф за допомогою вимірювального перетворювача потужності трифазних електричних ланцюгів 14 типу П004, робота якого ґрунтується на використанні ефекту Холла. Запис проводиться через трансформатори струму і напруги з використанням додаткового опору 13.

Конструкція стенда передбачає можливість проведення тривалих експериментальних досліджень за заданою програмою (час розгону приводу, час роботи в заданому швидкісному режимі, час гальмування обертання вала гідродвигуна, періодичності увімкнення привідного електродвигуна тощо) без втручання оператора. Для виконання цих операцій привід забезпечений дистанційним керуючим пристроєм, що складається з виконавчої частини, панелі керування і командного електропневматичного приладу КЕП-12у (на рисунку не показані). Відлік часу проводиться за допомогою контактного годинника 11.

Вимірювальні пристрої дають можливість проводити випробування гідростатичного приводу для різних режимів роботи (ПВ 15, 25, 40 %). Конструкція стенда і набір вимірювальної апаратури забезпечують також визначення діапазону регулювання швидкості обертання гідромотора при різному завантаженні, дослідження роботи систем дистанційного керування, жорсткості та інерційності гідростатичного приводу, гідроелектричного гальмування.

1.10. Інтернет речей у логістиці (The Internet of Things)

Інтернет речей (англ. Internet of Things, IoT) – концепція обчислювальної мережі фізичних предметів («речей»), оснащених вбудованими технологіями для взаємодії один з одним або із

зовнішнім середовищем, що розглядає організацію таких мереж, як явище, здатне перебудувати економічні й суспільні процеси, що виключає із частини дій і операцій необхідність участі людини.

Концепцію сформульовано в 1999 р. як осмислення перспектив широкого застосування засобів радіочастотної ідентифікації для взаємодії фізичних предметів між собою та із зовнішнім оточенням. Наповнення концепції «інтернету речей» різноманітним технологічним змістом і впровадження практичних рішень для її реалізації, починаючи з 2010-х років, вважається стійкою тенденцією в інформаційних технологіях, насамперед, завдяки повсюдному поширенню бездротових мереж, появі хмарних обчислень, розвитку технологій міжмашинної взаємодії, початку активного переходу на IPv6 (Internet Protocol Version 6) та освоєнню програмно-конфігурованих мереж. У цей час термін «Інтернет речей» поширюється не тільки на кіберфізичні системи для «домашнього» застосування, але й на промислові об'єкти. Розвиток концепції «Інтелектуальних будинків» отримав назву «Building Internet of Things» (BIoT, «Інтернет речей у будинку»), розвиток розподіленої мережної інфраструктури в АСУ ТП привів до появи «Industrial Internet of Things» (IIoT, «Індустріальний (промисловий) інтернет речей»).

Не дивно, що логістика мільйонів відправлень, які відслідковуються та збираються різними машинами, транспортними засобами й людьми щодня, і IoT – ідеальний збіг. У логістиці IoT може зв'язати різні активи за ланцюгом поставок, а потім проаналізувати дані, отримані із цих з'єднань, для збору нових відомостей. Таким чином, IoT дозволяє постачальникам логістики розблокувати більш високий рівень операційної ефективності, одночасно створюючи індивідуальні, динамічні й автоматизовані послуги для своїх клієнтів. Падіння цін на компоненти пристрою (датчики, приводи й напівпровідники), більш швидкі бездротові мережі та збільшення можливостей зберігання даних лише збільшують бізнес-переваги, гарантуючи, що IoT стане тенденцією в логістичній галузі протягом наступного десятиліття.

Але наскільки затребуваний IoT, що зароджується у логістиці? Багато технологій IoT, включаючи датчики, мікропроцесори і бездротовий зв'язок, уже кілька років використовуються в різних логістичних додатках. Дійсно, індустрія логістики була однією з перших прихильників технологій IoT в операціях, починаючи із впровадження кишенькових сканерів, що оцифровували процес

доставки та безліч датчиків, які контролюють цілісність вантажу і продуктивність вантажних автомобілів.

Розглянемо деякі варіанти використання IoT у логістиці у рамках операцій складування, транспортування вантажів і доставки. Визначимо такі фактори успіху впровадження IoT у логістиці й надамо дорожню карту про те, як логістичні провайдери можуть просуватися вперед і використовувати цю тенденцію.

Випадки використання – Складування

Склади завжди служили важливою ланкою в потоці товарів у ланцюжку поставок. Але в сьогоденнішому економічному кліматі вони також служать ключовим джерелом конкурентної переваги для постачальників логістичних послуг, які можуть пропонувати своїм клієнтам швидкі, економічні й дедалі більш гнучкі складські операції.

Це не просте завдання. Сьогодні, коли в середньому складі зберігаються тисячі різних типів і форм товарів, кожний квадратний метр простору для складування повинен оптимально використовуватися для забезпечення того, щоб конкретні товари можна було одержати, обробити й доставити якнайшвидше. Результатом є високошвидкісне технологічне середовище, що ідеально підходить для додатків IoT. З піддонів і виловних навантажувачів до самої інфраструктури будинку сучасні склади містять безліч «білих плям», які можуть бути підключені й оптимізовані через IoT.

На складі має велике поширення мітки маркування піддонів – з використанням пристроїв із простим ідентифікатором, такі як RFID. Вона використовується для керування інтелектуальними ресурсами, заснованими на IoT.

RFID (англ. Radio Frequency Identification – радіочастотна ідентифікація) – спосіб автоматичної ідентифікації об'єктів, у якому за допомогою радіосигналів зчитуються або записуються дані, що зберігаються в так званих транспондерах або RFID-Мітках. RFID-мітка складається із двох частин – інтегральної схеми для обробки й зберігання інформації та антени для прийому і передачі сигналу.

Розглянемо кілька прикладів IoT у дії на складі. Для початку бездротові зчитувачі фіксують дані, передані з кожного піддона при надходженні через вхідні шлюзи. Ці дані можуть включати

інформацію про продукт, таку як об'єм і розміри, які потім можуть бути агреговані й відправлені в WMS (англ. Warehouse Management System – система керування складом – інформаційна система, що забезпечує автоматизацію керування бізнес-процесами складської роботи профільного підприємства) для обробки. Ця можливість усуває трудомістке завдання ручного підрахунку й об'ємного сканування піддонів. Камери, прикріплені до шлюзів, також можуть використовуватися для виявлення ушкоджень (рис. 1.136).



а



б

Рис. 1.136. Фрагмент складу з автоматичним навантажувачем (*а*) та пакунок з позначкою (*б*), що входить до бездротової сенсорної системи, яка гарантує цілісність товарів при переміщенні, перевірку місця знаходження, температури, вологості та відсутності поштовхів на дорогах

Як тільки піддони переміщаються в потрібне місце, передається сигнал в WMS, щоб забезпечити видимість запасів у реальному часі, тим самим запобігаючи дорогим ситуаціям поза запасом. Якщо якийсь елемент був загублений, датчики можуть попередити менеджера складу, що можна відслідковувати точне місце розташування об'єкта для коригувальних дій. Для керування якістю датчики контролюють стан елемента і диспетчерів диспетчерських складів, коли пороги температури або вологості перебувають під загрозою. Це дозволить співробітникам складу почати коригувальні дії, забезпечити якість обслуговування та підвищити довіру клієнтів.

Під час доставки піддони скануються через зовнішній шлюз, щоб забезпечити відправлення правильних предметів – у правильному порядку доставки. Рівні запасів потім автоматично обновляються в WMS для точного керування запасами.

Проект Alethia фінансувався урядом Німеччини фірмою DHL, Fraunhofer IIS та іншими партнерами для створення бездротової сенсорної мережної системи, що забезпечує безшовне наскрізне відстеження елементів для різних видів транспорту. Різні сенсорні вузли на рівні елементів і активів були об'єднані в мережу датчиків. Ця мережа може гарантувати цілісність товарів у дорозі, перевіряти місце розташування, температуру, вологість і трясіння на дорогах.

DHL – заснована в 1969 р. для транспортування документів між Сан-Франциско і Гонолулу та незабаром поширила свою діяльність на увесь світ. Назва компанії утворена за першими літерами прізвищ засновників (Adrian Dalsey, Carry Hillblom, Robert Lynn). В 1998 р. Deutsche Post почала скуповувати акції DHL і до 2001 р. стала власником контрольного пакета, а в 2002 р. остаточно придбала DHL, зробивши її частиною свого підрозділу.

Крім товарів, що зберігаються на складі, IoT також може забезпечити оптимальне використання засобів ПТО. З'єднуючи машини і транспортні засоби із центральною системою, IoT дозволяє менеджерам складу контролювати всі активи в режимі реального часу. Менеджери можуть бути попереджені про перерозподіл активу або про виявлення незайнятого активу для виконання інших завдань. Наприклад, різні датчики можуть бути розгорнуті, щоб контролювати, як часто засоби ПТО в сортувальній системі, такі як конвеєрні стрічки, використовуються або

простоюють, і в який час. Потім аналіз даних міг би визначити оптимальні показники потужності й завдання для засобів ПТО. Одним із таких нововведень є технологія SwissList SmartLIFT (рис. 1.137). Це рішення поєднає у собі датчики виловних навантажувачів зі спрямованими штрих-кодами, розміщеними на стелі складу, і даними WMS, щоб створити внутрішню систему GPS, що забезпечує водія виловного навантажувача точною інформацією про місце розташування й напрямок піддонів. Він також надає панель керування для менеджерів, щоб спостерігати за швидкістю, місцем розташування та продуктивністю всіх водіїв виловних навантажувачів у реальному часі, а також із погляду точності інвентаризації. Фірма *Bobcat* розгорнула рішення на своєму складі й повідомила про 30-процентне збільшення кількості обробки піддонів за годину без помилок.

Такі рішення в майбутньому можуть виявити неефективність уже автоматизованих процесів. Наприклад, автоматично керований автомобіль (AGV), такий як автоматичний двигун для піддонів, буде виконувати завдання знову й знову, якщо не буде ручного втручання, щоб використовувати його для іншого завдання. Аналізуючи його вантажопідйомність і моделі, менеджер складу може виявити, що у вихідні дні він найкраще використовується в іншій частині складу, і це викликає коригувальні дії.

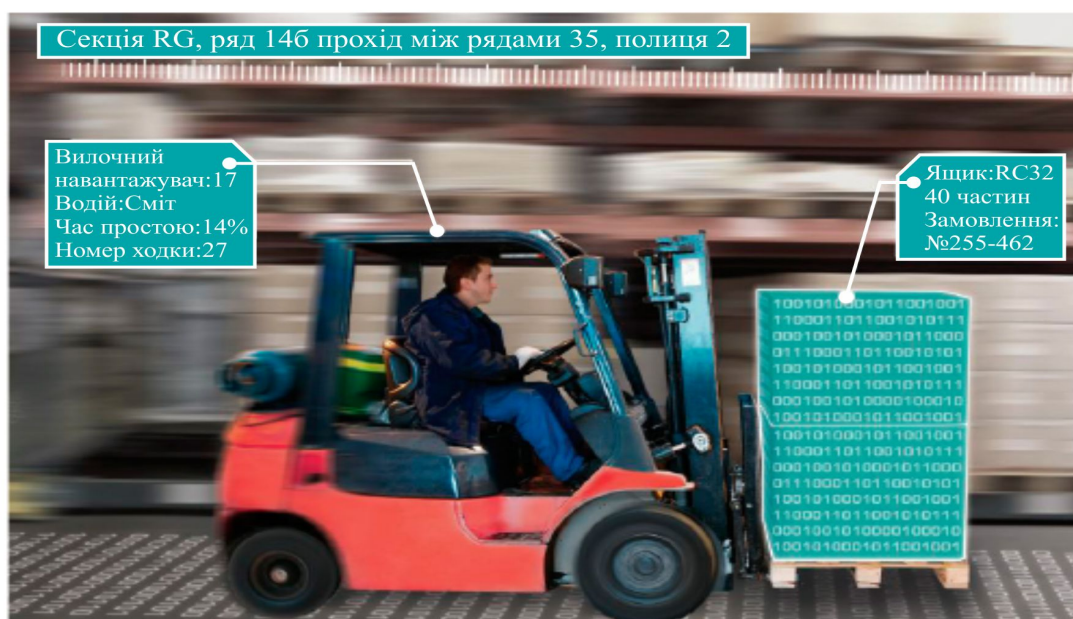


Рис. 1.137. Швейцарська технологія SmartLIFT для виловних навантажувачів

Сполучені засоби ПТО на складі також дозволяють проводити інтелектуальне обслуговування складських транспортних систем. Як один приклад датчики можуть бути розміщені на сортувальній машині для визначення рівнів навантаження шляхом виміру пропускної здатності або температури машини. Камери також можуть використовуватися для виявлення ушкоджень пакування в міру їх виникнення. Потім всі ці дані можуть бути зібрані та об'єднані для аналітики прогнозуючого обслуговування, що може планувати призначення технічного обслуговування й розраховувати очікуваний термін служби машини при її поточному рівні використання. Будь-які відмови попереджуються співробітниками, щоб вони могли бути виправлені до заподіяння серйозного збитку (рис. 1.138).

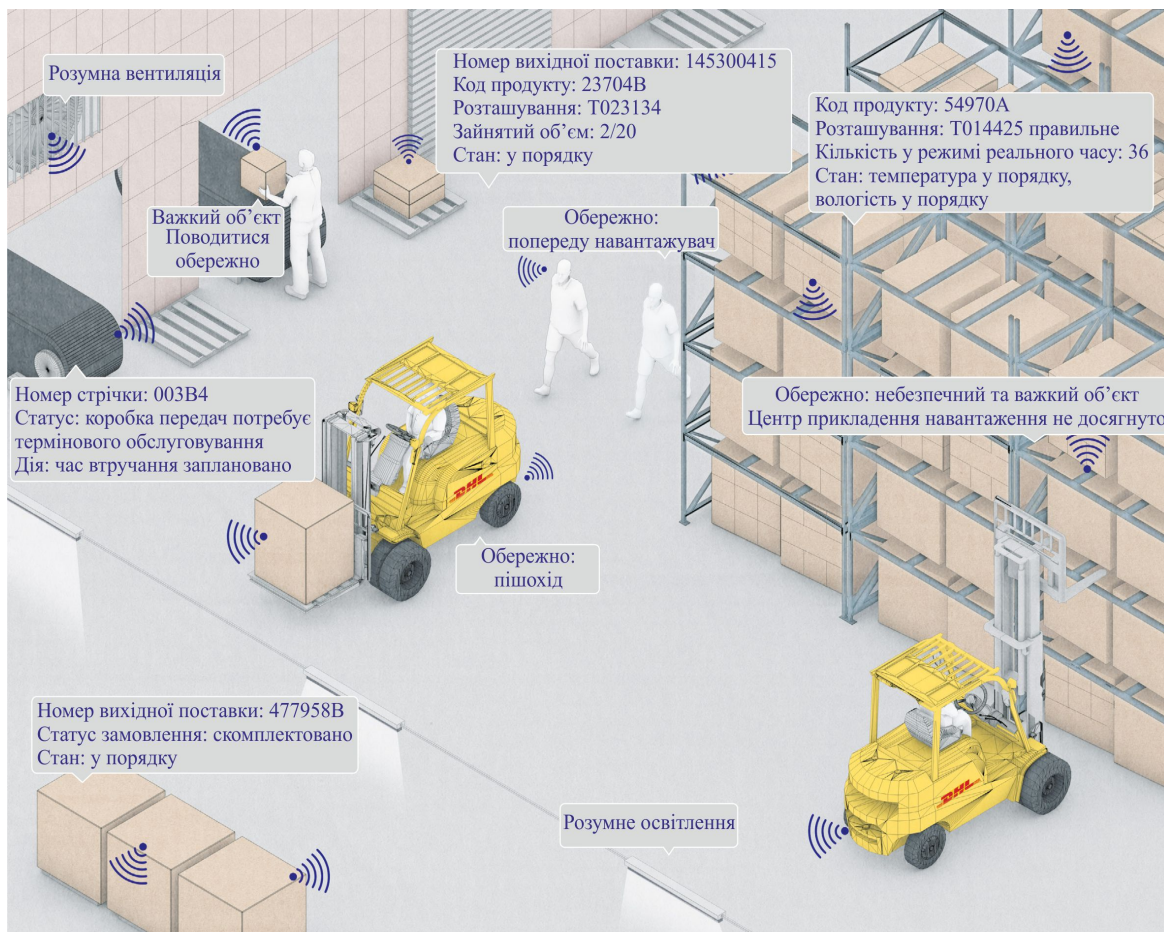


Рис. 1.138. Система датчиків і оповіщень на складі, що обслуговується навантажувачами

ІоТ може також підвищити рівень здоров'я та безпеки працівників. Статистика від Асоціації промислових вантажівок (ІТА) і

Адміністрації з охорони праці й техніки США оцінюють, що в Сполучених Штатах діють близько 855 900 виловних навантажувачів. За оцінками, ці виловні навантажувачі сприяють більш ніж 100 000 нещасним випадкам за рік, що призводить до 94 750 травм. Майже 80 відсотків нещасних випадків на виловних навантажувачах пов'язане з пішоходами. Це множить на глобальний масштаб і демонструє потенційні можливості для підвищення безпеки на складі.

Датчики й приводи в поєднанні з радаром або камерами, прикріпленими до виловних навантажувачів, можуть дозволяти їм зв'язуватися з іншими виловними навантажувачами й перевіряти навколишнє середовище для об'єктів, які можуть спричинити зіткнення. Виловний навантажувач (див. рис. 1.138) може бути запрограмований на автоматичну зупинку на перетинаннях, коли інший виловний навантажувач або пішохід буде виявлений.

Багато нещасних випадків трапляється у випадках, коли робітники неправильно завантажують піддон. Подібних аварій можна уникнути, використовуючи датчики тиску для визначення того, коли навантаження стало занадто великим, а також при розміщенні на навантажувачі нерівномірного навантаження. Фірма *Ravas* розробляє інтелектуальні засоби, що включають ваги, а також мають технологію виміру навантаження для вантажівок та піддонів. При оповіщенні водія про перевищення вантажопідйомності або про нерівномірність центра навантаження безпека підвищується.

Технології IoT також можуть запобігти падінню палет і продуктів. Поєднання датчиків і камер можна використовувати для виявлення ризиків через недосконалість сховищ і розрахунку ймовірності падіння палет або предметів з полиці. Як тільки проблема буде ідентифікована, попередження може бути передано команді складу для негайних дій, зменшуючи потенційні травми робітників і скорочуючи збиток, завданий товарам. Увесь час ці камери можна також використовувати для контролю предметів, щоб запобігти крадіжці.

У найближчому майбутньому працівники відмовляться від системи IoT, підключаючись через свої смартфони, сканери й особисті речі – насправді, смарт-окуляри й інші особисті речі, імовірно, приведуть до нового етапу взаємодії між машинами та

людьми на складі. Варіанти використання IoT, що належать до цієї теми, можна знайти в окремому звіті про тенденції DHL за назвою «Розширена реальність у логістиці».

IoT відкриває нові можливості для моніторингу стану здоров'я й утоми працівників, відстеження фіксованих виробничих процесів працівників і аналізу того, де менеджери складу можуть поліпшити шляхи пересування або змінити процес, щоб зробити життя працівників простіше й безпечніше. Одне з таких рішень розробляється компанією *Locoslab*, що забезпечує точну локалізацію мобільних пристроїв у приміщеннях з використанням активної й пасивної RFID-Технології. Він контролює переміщення людей і об'єктів у приміщенні та використовує аналітику місця розташування, щоб зрозуміти, де можна поліпшити процеси. Датчики також можуть бути інтегровані в саму інфраструктуру складу. На середньому складі звичайне освітлення становить до 70 відсотків споживання енергії. Інтелектуальне керування енергоспоживанням складу з'єднує мережі HVAC (англ. Heating, Ventilation, Air Conditioning – опалення, вентиляція й кондиціювання – технологія підтримки параметрів повітря в заданих межах) і комунальні послуги, включаючи підключені світлодіоди, для оптимізації споживання енергії (рис. 1.139). На додаток до автоматичного затемнення й освітлення, залежно від активності, такі системи регулюють споживання енергії пристроями нагрівання і вентиляції. У результаті скорочення споживання енергії зменшує накладні витрати.

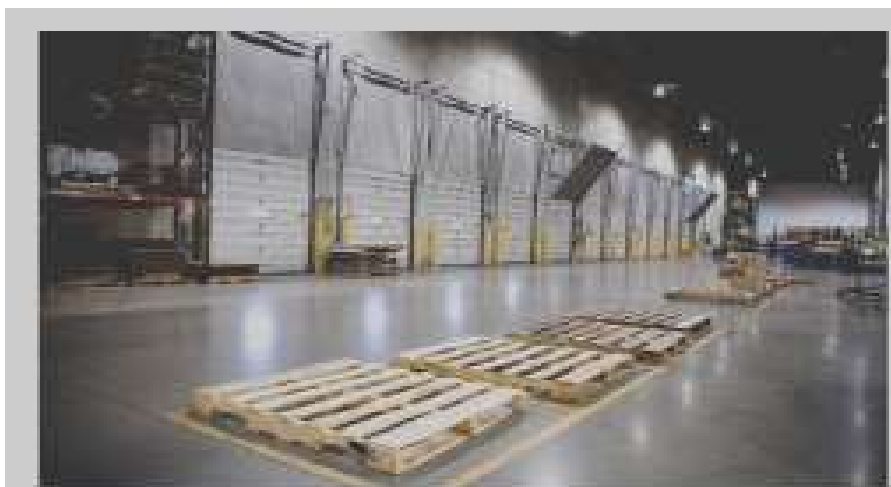


Рис. 1.139. Освітлення складу з використанням принципу оптимізації споживання енергії

Випадки використання системи IoT при вантажних перевезеннях

Завдяки сотням тисяч океанських, повітряних і дорожніх активів, система «Freigh Transportation» становить великий потенціал для мереж IoT. IoT у вантажних перевезеннях буде розвиватися далі. Сьогодні вже можна відслідковувати і контролювати контейнер у вантажному відсіку в середині Тихого океану, а також відвантаження у вантажній площині в середині трюму. У майбутньому ми очікуємо, що IoT забезпечить такий прогрес: швидше, точніше, прогнозовано і більш безпечно. Freight-Watch зареєструвала 946 випадків крадіжки вантажів у Сполучених Штатах в 2012 р. та 689 у Європі, 37 – з організованою злочинністю, орієнтованою на порти й зони відпочинку. Крадіжка завдає збитків відправникам вантажів і постачальникам логістичних послуг на мільярди доларів щороку. Також маємо збиток від впливу затримок запасу, а також від вартості викрадених товарів. Через IoT логістичні провайдери одержать чітку видимість при переміщенні товарів – метр за метром і секунда за секундою – а також моніторинг стану предметів на рівні, щоб забезпечити своєчасне прибуття товарів у потрібне місце й без змін.

Як ми бачили, моніторинг місця розташування та стану через IoT забезпечить новий рівень видимості і безпеки транспорту. Датчики телематики у вантажівках і мультисенсорні мітки на об'єктах передають дані про місце розташування, стани (чи були перейдені будь-які пороги), і якщо пакет був відкритий (щоб виявити можливу крадіжку).



Рис. 1.140. Смарт-сенсор, що забезпечує контроль температури, вологості, а також інформує про удари й випромінювання

Одним із рішень DHL є SmartSensor (рис. 1.140), що забезпечує моніторинг повного стану. Цей інтелектуальний датчик може контролювати температуру й вологість, а також указувати на події удару й випромінювання, щоб забезпечити повну цілісність при транспортуванні.

Одна із проблем, з якою стикається логістична галузь, полягає в тому, що багато з існуючих рішень є особливими, самостійні рішення не пов'язані одне з одним. Необхідно створити нові платформи, що поєднують різні існуючі апаратні та програмні рішення для комплексного контролю цілісності ланцюгів поставок. *Agheera*, постачальник рішень для відстеження в реальному часі, розробила відкриту платформу для підключення різних пристроїв телематики та датчиків для консолідації даних у різних додатках і режимах. Платформа поєднує кілька промислових засобів, таких як навантажувачі або вантажівка, в один простий у використанні портал із загальнодоступністю, дозволяючи логістичним провайдерам і клієнтам відслідковувати всі активи та їх різні пристрої одночасно.

Agheera – компанія, що спеціалізується на забезпеченні відстеження вантажів у реальному часі (рис. 1.141). Заснована в 2010 р. під керуванням DHL.

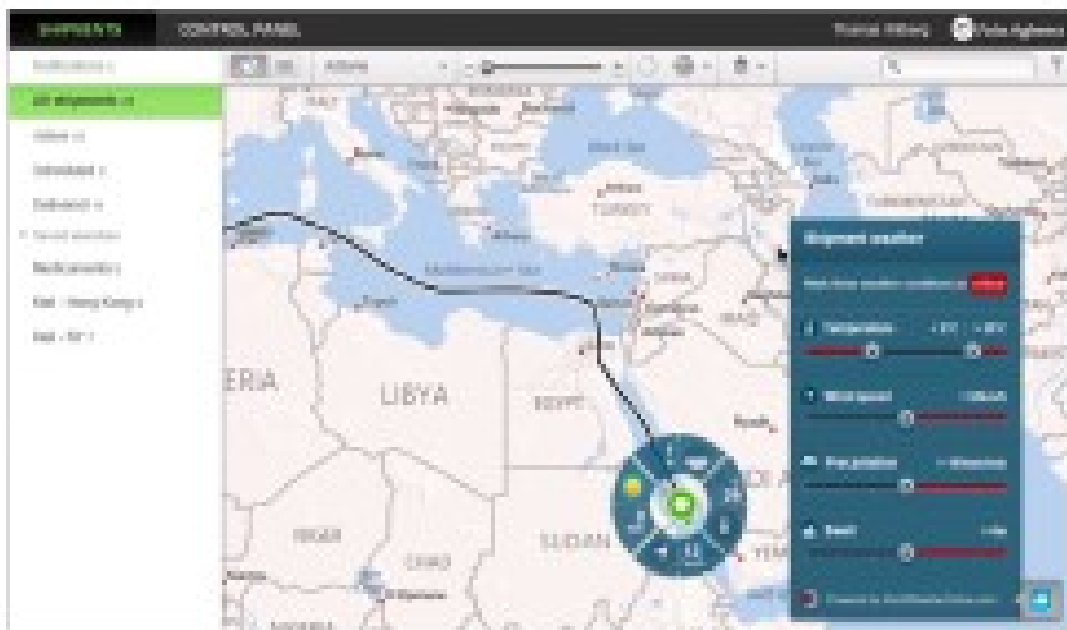


Рис. 1.141. Портал відстеження в реальному часі *Agheera*

Ще однією важливою сферою можливостей IoT є керування парком підйомно-транспортних засобів. Наприклад, датчики можуть контролювати, як часто використовується вантажівка, контейнер або ULD (англ. Unit Load Device – спосіб пакування вантажів для повітряного транспорту), або працюють не завантаженими. Потім вони передають ці дані для аналізу на оптимальне використання. Сьогодні багато логістичних транспортних засобів уже наповнені датчиками, убудованими процесорами й бездротовим підключенням. Датчики, що вимірюють величину кожного навантаження, можуть дати додаткову інформацію про запасні потужності в транспортних засобах на певних маршрутах. IoT потім може увімкнути центральну панель моніторингу, що фокусується на визначенні резервної ємності уздовж фіксованих маршрутів по всіх бізнес-одиницях. Звідти він може давати рекомендації для консолідації й оптимізації маршруту. Це сприяє ефективності використання парку, збільшує економію палива та зменшує непродуктивні пробіги, на які доводиться до 10 % пройденого шляху вантажівок (рис. 1.142).



Рис. 1.142. ULD перед завантаженням у літак

Подібно оптимальному використанню активів у складських операціях, зв'язаний з ними матеріальний потік також може прокласти шлях для керування життєвим циклом прогнозованих активів. Це рішення використовує аналітику для прогнозування збоїв у активах і автоматичного планування перевірок обслуговування. Одним із прикладів є MoDe (Maintenance on Demand – обслуговування на вимогу). Цей проект досліджень, підтриманий ЄС у 2012 р., між Volvo, DHL та іншими партнерами, прагнув створити комерційно життєздатну вантажівку, що самостійно вирішує, коли і якого технічного обслуговування вона вимагає. Найчастіше сенсорна технологія була вбудована в ключові вузли, такі як масляні й демпферні системи, для виявлення деградації або пошкодження матеріалів. Потім дані передавалися спочатку на центральний блок у вантажівці через бездротову мережу, а потім на платформу обслуговування для аналізу. Потім водії або бригади технічного обслуговування були попереджені про можливі проблеми. Було встановлено, що система збільшує час безвідмовної роботи транспортного засобу на 30 % і знижує потенційну небезпеку для водіїв вантажівок завдяки постійному моніторингу стану транспортних засобів.



Рис. 1.143. Сідельний тягач, що відповідає вимогам MoDe

ІоТ також може виконувати важливу функцію у сфері охорони здоров'я й безпеки, запобігати потенційним зіткненням та попереджати водіїв, коли їм потрібно зробити перерву. Водії далекого прямування часто перебувають на дорозі протягом

багатьох днів у небезпечних умовах. Камери в автомобілі можуть контролювати утому водія, відслідковуючи ключові показники, такі як розмір зіниці й частота миготінь. Це вже застосовується фірмою *Caterpillar*, найбільшим у світі виробником будівельного й гірничодобувного устаткування, що успішно використовує цю технологію для попередження засинання водіїв вантажівок. Якщо пристрій визначає, що водій втрачає увагу на дорозі, він активує звукові сигнали й вібрації сидінь. Інфрачервона камера здатна аналізувати очі водія через окуляри й у темряві.

Керування ризиками ланцюжка поставок є ще однією сферою, в якій IoT стає дедалі більше корисним. Зростання невизначеності в глобальних ланцюжках поставок приводить до руйнування традиційних моделей керування ними. Стихійні лиха, соціально-політичні безладдя, конфлікти, економічна невизначеність і мінливість ринку загрожують катастрофічними руйнуваннями, часто без попередження. Одним із інструментів IoT для виявлення таких ризиків є DHL Resilience360, створений для керування ризиками, що забезпечує багаторівневу візуалізацію наскрізного ланцюжка поставок.



Рис. 1.144. Портал керування ризиками ланцюжків поставок DHL Resilience360

Будь-які збої у глобальному масштабі перевіряються щодо їх впливу на ключові торговельні коридори. Якщо вони являють собою сильний ризик, пом'якшення наслідків запускається

автоматично. У майбутньому Resilience360 може інтегрувати всі дані, передані з датчиків, і реагувати, коли вантажівка, що перевозить невідкладний вантаж, от-от зламається, або коли склад буде затоплений від бурі. Він також міг би перенаправити вантаж з авіаперевезень на дорожні вантажівки, щоб компенсувати страйк авіакомпанії. Керування загрозами, такими як аварії в портах, закриття аеропортів і закриття доріг, на перший погляд може здатися явною перевагою IoT, але аналітичні можливості стають досить складними, щоб не тільки прогнозувати загрози, але й зреагувати на них.

Випадки використання – доставка «останньої милі» до ганку (Last-mile Delivery)

Через те що вимоги споживачів стають більш складними, а точки доставки продовжують розширюватися, постачальники логістичних послуг стикаються з новими проблемами, особливо із заключною частиною шляху доставки (так звана «остання миля»), що сильно залежить від робочої сили, особливо їм необхідно знайти креативні нові рішення для цього важливого етапу в ланцюжку поставок – економічні рішення, що забезпечують цінність для кінцевого споживача й операційну ефективність для постачальника логістичних послуг. IoT протягом «останньої милі» може зв'язати постачальника логістичних послуг із кінцевим одержувачем різними засобами, оскільки він керує новими динамічними бізнес-моделями.

Один варіант використання з підтримкою IoT для «останньої милі» створює оптимізоване складання з поштових скриньок. Датчики, поміщені усередині скриньки, виявляють, чи є вона порожньою і, якщо це так, передає сигнал, що потім обробляється в реальному часі. Людина, що здійснює доставку, може пропустити цю скриньку для збору, тим самим оптимізуючи щоденні маршрути збирання. Пристрої, такі як Postybell (рис. 1.145) – датчик, що контролює наповнюваність поштової скриньки (коли доставляється пошта і скринька заповнюється, пристрій відправляє повідомлення на мобільний телефон власника скриньки через мережу GSM). Також створено датчики наближення, які виявляють, коли пошта була поміщена в приватну поштову скриньку, а також можуть контролювати вологість усередині поштової скриньки.

Після цього доставка ініціює сповіщення на телефон одержувача через GSM. Наприклад, пристрій може нагадувати перевірити

свою поштову скриньку або стежити за нею, поки одержувач перебуває у відпустці. Той самий принцип може бути застосований до DHL Paketkasten (рис. 1.146) або Parcelbox, що є найпрогресивнішими рішеннями в електронній комерції – користувачі можуть установити особисту шафку для посилок біля свого будинку. Така доставка в наш час запущена у Німеччині (рис. 1.47).

Але в міру того, як обсяги листів знижуються, а обсяги партій збільшуються, ми можемо уявити собі майбутнє, в якому інтелектуальні шафки з контрольованою температурою в остаточному підсумку замінять традиційні поштові скриньки й гарантують постійне доставляння посилок, продуктів харчування та інших екологічно чутливих товарів.

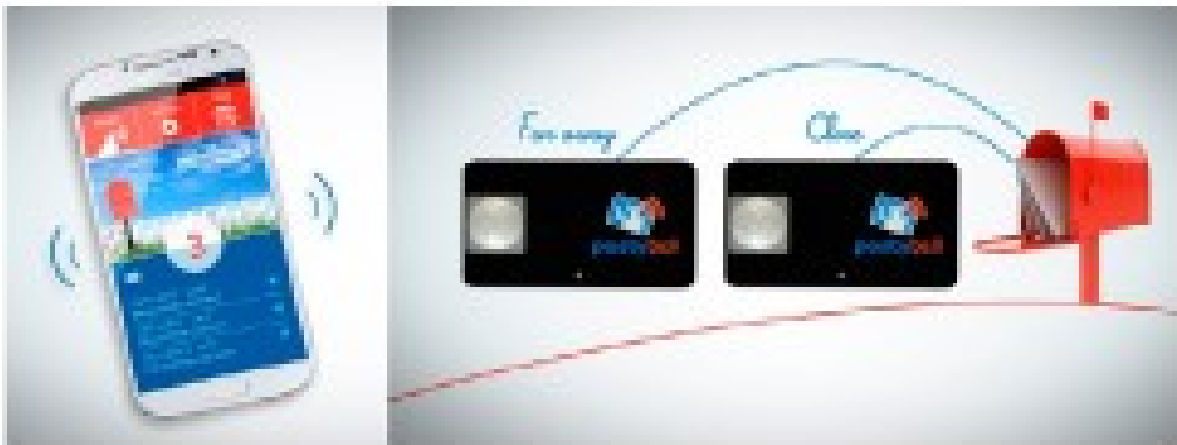


Рис. 1.145. Поштова скринька Postybell



Рис. 1.146. DHL Paketkasten для доставляння посилок

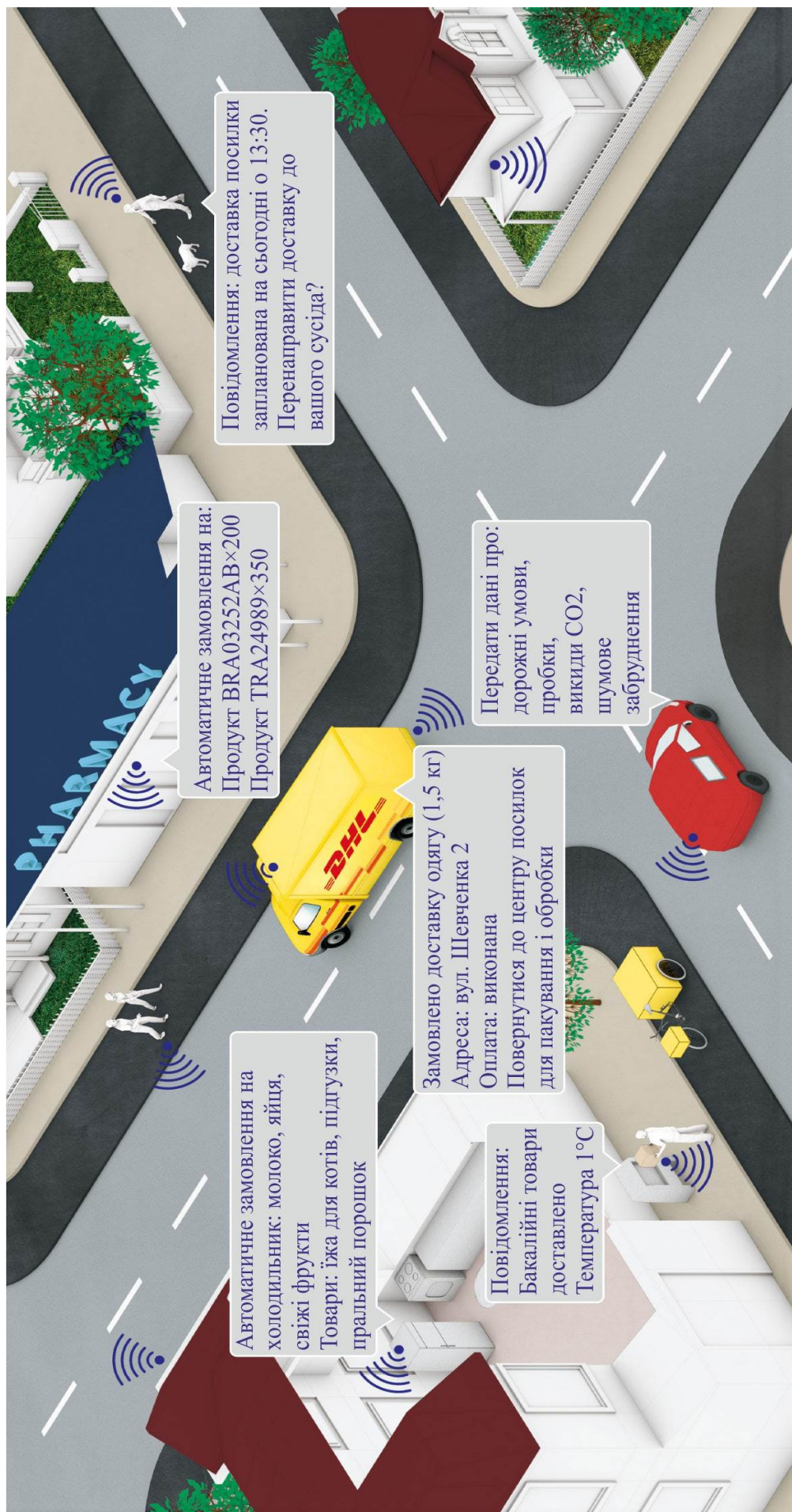


Рис. 1.147. Доставка споживчих товарів, побудованих на принципах IoT

Зв'язана поштова скринька є лише частиною загальної тенденції продуктів «розумного будинку», які споживачі починають приймати. Один загальний приклад на основі IoT у споживчому світі – це підключений холодильник (рис 1.148). Він відслідковує дати закінчення терміну зберігання продуктів, виявляє, коли запас продуктів постійного споживання стає незначним, і замовляє більше в Інтернеті автоматично. Такі автоматичні поповнення запасів і попереджуючі рішення для доставки мають наслідки для постачальників логістичних послуг. Наприклад, датчики виявляють, що роздрібного товару недостатньо і його якість на складі не задовільна, та автоматично розміщують замовлення в найближчому розподільному центрі, скорочуючи час виконання й уникаючи запасів, які призведуть до невиконаних замовлень і продажів. *Amazon* навіть запатентував алгоритм, що передбачає купівлю покупцем до того, як він або вона погодиться, щоб забезпечити випереджуючу доставку. При цьому переміщується прогнозований для купівлі продукт ближче до звичайної адреси доставки клієнта, щоб заощадити час виконання доставки. Об'єднавши дані датчиків із даними про клієнтів, постачальники логістичних послуг можуть у майбутньому надавати широкий спектр спеціальних і випереджувальних послуг доставки для будинків і місцевих підприємств.



Рис. 1.148. Холодильник, що працює на принципі IoT

Іншим прикладом використання IoT, що виникає у зв'язку з поширенням смарт-пристроїв і домашніх програмних продуктів, є гнучка адреса доставки. Сьогодні більшість онлайн-покупців мають можливість вказати одну кращу адресу доставки або вибрати альтернативний спосіб доставки, наприклад, у пункт відправлення. Було проведено багато експериментів, щоб забезпечити більш високу швидкість доставки, але одна із ключових проблем полягала в поєднанні доставки в реальному часі із зазначеними адресами й часовими інтервалами економічним способом для постачальника логістичних послуг. З рішеннями, що підтримують IoT, зазначені посилки мають більш помітну видимість для одержувача, коли очікується їх посилка, і чи потрібна зміна адреси – наприклад, якщо одержувач працює. Якщо доставка запланована протягом дня, клієнт може змінити адресу на адресу сусіда, що перебуває вдома або на робоче місце в безпосередній близькості. Якщо не ясно, який буде графік одержувача, смарт-домашні продукти з датчиками наближення (наприклад, інтелектуальні вогні) можуть сигналізувати, якщо одержувач перебуває у будинку, та достроково повідомляється клієнтові, якщо можлива доставка. Постачальник логістичних послуг також може ініціювати послугу адресної доставки. Застосовуючи інтелектуальну аналітику до даних місця розташування мобільного пристрою одержувача (із правом відмови одержувача на послугу), постачальник може запросити узгодження очікуваного вікна й місця розташування доставки.

Нові бізнес-моделі для монетизації й оптимізації зворотної поїздки також можливі за допомогою IoT, оскільки він з'єднує людей, що забезпечують доставку з навколишніми автомобілями й людьми. Інноваційні стартапи, такі як фірма *Shyp* (США), розробляють нові способи комплектування замовлення, упакування й відправлення за найнижчою ціною. Споживачі просто фотографують предмет, що їм потрібно відправити, і вводять всю інформацію про доставку в додатку, а співробітник *Shyp* збирає цей предмет для пакування й доставки (рис. 1.149).

Через IoT логістичні провайдери можуть зв'язуватися з людьми або підприємствами на маршруті доставки, які хотіли б відправити речі, але не мають часу або засобів, щоб піти до

поштового відділення або правильно підготувати й упакувати товар для відправлення.



Рис. 1.149. Гнучка доставка, що працює на *Shyp*

Додаткові послуги також можуть бути введені з розміщенням позначки на предметі. Припускаємо, що в майбутньому, коли RFID або інші сенсорні мітки стануть повсюдними, один продукт буде контролюватися за допомогою надрукованої смарт-мітки (наліпки) NFC (англ. Near Field Communication – ближній безконтактний зв'язок між пристроями, що перебувають на відстані близько 10 м), що містить у собі датчики для контролю температури й вологості. Поширення цих недорогих друкованих смарт-лейблів дозволить споживачам одержати відомості відносно продуктів, які вони придбали.

Наприклад, коли шоколад або інші швидкопсувні продукти замовляються онлайн, споживачі зможуть використовувати свій смартфон через NFC, щоб перевірити прибуття, якщо при транспортуванні була збережена правильна температура або була зламана печатка. У будинках і супермаркетах споживачі зможуть сканувати такі продукти, як упаковані свійські птиці, щоб довідатися, чи підтримувалася ідеальна температура з моменту пакування птиці, поки вони не дійдуть до домашнього холодильника. На зростаючому ринку фармацевтичних товарів B2C (англ. Business-to-Consumer – бізнес для споживача) кінцевий

споживач може перевірити цілісність свого медичного продукту (наприклад, сироватки) перед використанням (рис. 1.150).



Рис. 1.150. Перевірка цілісності продукту

SemPro (Semantic Product Memory) – це спільний проект дослідницької пам'яті або «Smart Labels» для продукту. Інтелектуальні елементи можуть перебувати між DHL, DFKI та іншими партнерами для створення цифрової пам'яті продукту або «Smart Labels» для продукту. Інтелектуальні елементи можуть зберігати інформацію, пов'язану з продуктом, протягом усього життєвого циклу продукту та дозволяють контролювати за допомогою цієї інформації різні бізнес-процеси. Наприклад, виробничі процеси контролюються без доступу до back-end-системи (змістовної частини програми) за допомогою виробничої маршрутизації, що зберігається безпосередньо на ярлику RFID оброблюваного виробу.

Однією з інноваційних компаній, що ведуть виробництво друкованої електроніки, є *ThinFilm*, що також нещодавно співробітничала з *Xerox* для створення масових друкованих смарт-лейблів. Нещодавно *ThinFilm* експериментував з *Diageo* (британський виробник алкогольних напоїв преміум-класу) за концепцією смарт-пляшки віскі, що надає споживачам інформацію про цілісність, а також інші додатки, такі як рекламні пропозиції (рис. 1.151).



Рис. 1.151. Розробка *Diageo* і *Thin Film* розумної етикетки

Якщо цей рівень докладної інформації стане доступним для одного продукту, постачальники логістичних послуг в кінцевому підсумку можуть мати набагато більшу прозорість щодо вмісту

пакета (за умови, що клієнт це дозволить). Вони могли б зрозуміти, наприклад, якщо предмет вимагає особливої уваги до температури або якщо він особливо крихкий. Це, звичайно ж, додало б складності в доставляння, але це також створило б можливість для постачальників логістичних послуг підвищити стандарти обслуговування для клієнтів і кінцевих споживачів.

Фактори успіху для IoT у логістиці

Дотепер у цьому звіті про IoT в сфері логістики основна увага приділялася індивідуальним випадкам використання в ланцюгу поставок. Але це далеко не повний список варіантів використання. Компанії, які хочуть використовувати IoT у своїх операціях, не повинні просто розглядати можливість використання свого варіанта один без одного.

Наприклад, автомобіль, що не може підключитися до іншого транспортного засобу або до розумної стоянки, буде менш ефективним; розумний піддон, що може використовуватися для керування запасами на складі, але не в магазині роздрібною торгівлі, надасть тільки обмежену вигоду.

Тому в своїй основі IoT вимагає створення й керування інтелектуальною мережею активів, пов'язаних із різними вертикалями й горизонталями в ланцюжку поставок.

Але перш ніж ми розглянемо стандарти поєднання між різними галузями, першим кроком має бути поєднання в самій логістичній галузі. Логістика – типово низькорентабельна й фрагментована індустрія, особливо в автомобільних вантажних перевезеннях, де десятки тисяч різних постачальників мають різні робочі стандарти для місцевих, внутрішніх і міжнародних операцій. Крім того, оскільки логістика є таким мережним бізнесом, необхідно буде скорегувати цілі мережі до впровадження нових рішень, а це означає, що необхідно зробити істотні інвестиції.

Для успішного впровадження IoT у логістиці буде потрібно значне співробітництво, а також високий рівень участі різних учасників і конкурентів у ланцюжку поставок та загальна готовність інвестувати. Кінцевою метою спільної роботи буде створення процвітаючої екосистеми IoT.

Щоб досягти цього, будуть потрібні деякі ключові фактори успіху:

– чіткий і стандартизований підхід до використання унікальних ідентифікаторів або «тегів» для різних видів активів у різних галузях промисловості в глобальному масштабі;

- повна сумісність для обміну інформацією датчиків у гетерогенних середовищах;
 - установлення довіри й власності на дані та подолання питань конфіденційності в ланцюгу поставок, заснованому на IoT;
 - чітке фокусування на еталонній архітектурі для IoT.
- Зміна ділової думки, щоб охопити весь потенціал Інтернету речей.

Контрольні запитання для підрозділів 1.9 та 1.10

1. Принципи стабілізації зусиль у валопроводах і металоконструкції.
2. Принцип обмеження кута відхилення вантажного каната.
3. Принцип запобігання кінематичному перекосу кранів.
4. Метод «фазової площини».
5. Сучасні велосипедні крани.
6. Будова стенда для дослідження гідростатичного приводу механізму пересування.
7. Будова стенда для дослідження гідростатичного приводу механізму підйому.
8. Вимірювальні величини і прилади дослідження.
9. Системи датчиків керування.
10. Принципи дії IoT.
11. Застосування IoT на складах.
12. Принцип дії, застосований на проєкті Alethia.
13. Сутність швейцарської технології SmartLift.
14. Система датчиків і оповіщення на складі.
15. Використання принципів IoT при перевезеннях.
16. Доставка споживчих товарів на принципах IoT.

Список літератури до розділу 1

1. Iunemann R. Materialfluss und Logistik / R. Iunemann // Springer Verlag, 1989. – 764 с.
2. Николайчук В.Е. Логистика: теория и практика управления : учебн. пособ. / В.Е. Николайчук, В.Г. Кузнецов. – Донецк : Норд-Пресс, 2006. – 540 с.
3. Ключев А.О. Программное обеспечение встроенных вычислительных систем / А.О. Ключев, П.В. Кустарев, Д.Р. Ковязина, Е.В. Петров. – СПб. : СПбГУ ИТМО, 2009. – 212 с.

4. Григоров О.В. Гідравлічний привід підйомно-транспортних, будівельних та дорожніх машин : навч. посіб / О.В. Григоров. – Харків : НТУ «ХП», 2005. – 264 с.

5. А.с. 424802 СССР, МПК В 66 С 13/42. Устройство для управления раздельными гидроприводами механизма передвижения мостового крана / Б.И. Жермунский, О.В.Григоров. – № 1698241/27-11; заявл. 17.09.1971 ; опубл. 25.04.1974, Бюл. №15.

6. Пат. 24109 Україна, МПК В 66 С 9/00, В 66 С 13/18 (2006.01). Пристрій для керування гідравлічними приводами механізмів пересування крана мостового типу / Григоров О.В., Коваленко В.О., Вікторов Ю.О., Савченко В.М.; заявник і патентовласник Міжгалузовий інститут підвищення кваліфікації кадрів з нових напрямків розвитку техніки і технології при ХДПУ (МПК-ХДПУ). – № 2933259/SU; заявл. 28.05.1980 ; опубл. 31.08.1998, Бюл. № 4.

7. Пат. 24103 Україна, МПК В 66 С 13/18 (2006.01). Пристрій для керування гідравлічними приводами механізмів пересування крана мостового типу / Григоров О.В., Коваленко В.О., Вікторов Ю. О, Савченко В.М., заявник і патентовласник; Міжгалузовий інститут підвищення кваліфікації кадрів з нових напрямків розвитку техніки і технології при Харківському державному політехнічному університеті (МПК-ХДПУ). – № 2932827/SU; заявл. 30.05.1980 ; опубл. 31.08.1998, Бюл. № 4.

8. Пат. 24102 Україна, МПК В 66 С 13/18 (2006.01), В 66 С 15/00. Пристрій для вимірювання кута нахилу вантажного каната / Григоров О.В., Коваленко В.О., Вікторов Ю.О., Міхолапов В.К., Зусман М.В.; заявник і патентовласник Міжгалузовий інститут підвищення кваліфікації кадрів з нових напрямків розвитку техніки і технології при ХДПУ (МПК-ХДПУ). – № 2918581/SU; заявл. 28.04.1980 ; опубл. 31.08.1998, Бюл. № 4.

9. А.с. 1564102 А1 СССР, МПК В 66 С 13/22, В 66 С 13/06. Способ управления грузовой тележкой с грузозахватным органом на гибком подвесе / О.В. Григоров, В.П. Свиргун, А.В. Фабричников , И.В. Бордюг. – № 4425552/31-11; заявл. 17.05.1988; опубл. 15.05.1990, Бюл. № 18.

10. Сапіга Р.І. Структуризація системи логістичного забезпечення збройних сил України / Р.І. Сапіга // Вісник НУ «Львівська політехніка». Серія: Логістика. – Л., 2009. – № 649. – С. 335–342.

2. ПЛАНУВАННЯ В ЛОГІСТИЦІ МАТЕРІАЛЬНИХ ПОТОКІВ

2.1. Завдання планування

Планування охоплює широкий спектр видів діяльності, зокрема, планування засобів праці, поточне (оперативне) й заводське планування. Плановий працівник вирішує майбутні завдання планування на моделях на підставі застосування різних методів і допоміжних засобів і, в остаточному підсумку, втілює їх у дійсність [1].

Розрізняють два типи моделей, а саме: конкретні й абстрактні моделі. Конкретні моделі відтворюють (моделюють) відрізки частин реально існуючих моделей у зменшеному масштабі. Абстрактні моделі відтворюють дійсність у формі символів, і їх можна виконати у вигляді кібернетичних моделей (наприклад, робочі системи) та у вигляді математичних моделей (наприклад, евристичних методів для мінімізації витрат на розподіл товарів). Математичні моделі на практиці застосовуються тільки умовно, тому що вони недостатньою мірою враховують кількісні фактори впливу. Завдання планового працівника полягає у визначенні та у знаходженні прийнятних моделей, які будуть однозначно відображати об'єкти планування, незважаючи на їх комплексність.

Як методи й допоміжні засоби плановий працівник може використовувати методи дослідження операцій (лінійні, нелінійні, стохастичні або цілочислові розрахунки за плануванням, евристичні методи, процедуру вироблення (прийняття) рішень і техніку мережного планування), а також таблиці вироблення рішень, морфологічний аналіз або системний аналіз. Інструментарій завершують ділові ігри, аналіз витрат часу й трудових рухів. Як дуже важливі допоміжні засоби у майбутньому в ході загального зростання використання обчислювальних машин набудуть застосування імітаційні інструменти (див. підрозділ 2.4. Планування на основі моделювання).

Об'єкти планування можуть являти собою всі об'єкти логістики.

Планування в принципі спрямовано на майбутнє, при цьому як об'єкти планування позначають період часу, на який буде поширюватися дія планування. У промисловій сфері мова йде відповідно про

довгострокове, середньострокове й короткострокове планування. Важливою складовою частиною планування є отримання даних для достатньо точного визначення розвитку систем.

Планування систем матеріальних потоків в уявному й модельному зображенні робочих процесів, включаючи використання необхідних для цього основних засобів виробництва й установок, необхідно направляти на рішення відповідної постановки завдань.

При цьому розрізняють принципово три комплекси завдань:

- нове планування,
- розширене планування,
- планування, спрямоване на раціоналізацію.

Планування поширюється на всі рівні підприємства: від оперативного рівня, на якому необхідно організувати перебіг процесу й матеріальний потік, до рівня логістики, на якому необхідно планувати потік інформації, апаратне й програмне забезпечення керування, стратегію, а також організацію операцій та організаційну (ієрархічну) структуру. Планування, крім комплексності об'єкта планування залежить також від структурних, технологічних, будівельних, енергетичних, інформаційних, організаційних, економічних та ергономічних аспектів. Планування поряд із комплексністю об'єкта планування змушує планового працівника робити поетапну обробку, починаючи від грубої і закінчуючи тонкою структурою, від проекту до деталей. Він зобов'язаний при цьому розпізнавати й ураховувати заздалегідь всі крайові (граничні) умови та впливи й, зокрема, визначити і розрахувати виробничий процес і основні засоби виробництва з погляду постановки завдання. Результат планування буде становити в остаточному підсумку узагальнене зображення й попередню оцінку певних робочих процесів і основних засобів виробництва.

Якість і ефективність планування можна буде визначити тільки на підставі реальної перевірки на практиці. При цьому поряд із функціональною здатністю та економічністю важливу роль відіграє також і тривалість фази реалізації та фази запуску у виробництво, якісне й технічне виконання, зокрема, з погляду трудомісткості й частоти обслуговування, а також конструктивне виконання з урахуванням незначних витрат на утримання у справному стані й оформлення робочих місць із погляду гуманних аспектів. Основне завдання планування спрямоване на організацію виробничої потужності систем матеріального потоку таким

чином, щоб була досягнута передбачена продуктивність. Як цільова установка діють, як правило, незначні капітальні й виробничі витрати, достатня економічність, незначна потреба в площах, приміщеннях і робочій силі й у тому числі незначні втрати в результаті простоїв, а також процесів попереднього й наступного зберігання.

2.2. Спосіб дії при плануванні систем матеріальних потоків

Виконання планування можна за аналогією із заводським плануванням розділити на три фази:

- визначення й уточнення постановки завдання;
- чорнове планування для розробки оптимальної загальної концепції;
- виконання докладного (чистового) планування, а також керування здійсненням провадження робіт до приймання й передачі.

Послідовність планування в системах матеріального потоку варто підрозділити на сім етапів (рис. 2.1).

Постановка завдання з планування охоплює, як правило, початковий і необхідний кінцевий стан об'єкта планування. Відповідно необхідно також організувати робочий процес і основні засоби виробництва для його виконання. Далі постановка завдання включає конкретні вимоги й умови, що впливають ззовні на планований робочий процес і обмежують діапазон рішення.

Із цієї причини перший етап у рамках планування являє собою аналіз постановки завдання з метою його уточнення. Для цього необхідно з'ясувати, яку мету планування необхідно покласти в основу. При цьому проводять розмежування між такими цілями: тими, що мають економічне значення (ринкові цілі, конкуренція, витрати, прибуток, можливість реалізації та ін.); цілями, що мають соціальне значення (цілі з забезпечення зайнятості, постачання та ін.) і цілями, що мають технічне значення (якість, продуктивність, надійність, коефіцієнт готовності доведення в дію, сумісність та ін.). Крім того, необхідно визначити, які *крайові (граничні) умови* вже були *твердо задані* (обмеження за товарами або навколишнім середовищем, а також законодавчі обмеження) та які можна *вільно вибирати* (наприклад,

уніфікування або стандартизація товарів за рахунок утворення тарних одиниць, визначення представників товарних груп, оцінка цілей).

Етапи при плануванні систем матеріального потоку		Зразкові методи і допоміжні засоби для окремих етапів планування
1	Постановка задачі	Статистика, банк даних Описання проблемно-орієнтованої мови програмування Розрахунки прогнозування Графічне зображення
2	Аналіз даних планування	Аналіз затрат часу Реєстрація та обробка даних Формуляри і картотеки Графічне зображення
3	Проект варіантів процесу	Кібернетичні моделі "Розумовий штурм" або "Розумова атака" Розробка варіантів Графічне зображення
4	Проект варіантів основних засобів виробництва	Каталоги і фірмова документація "Розумовий штурм" або "Розумова атака" Розробка варіантів Графічне зображення
5	Розрахунок параметрів. Перевірка та оцінка варіантів	Математичні моделі (аналітичні, евритичні або оперативні пошуки OR-Verfahren=Operative Research) Конкретні моделі Імітація (моделювання) та експериментальні системи Аналіз вартості, визначається користю Затрати на аналіз ефективності та користі Статичні і динамічні розрахунки рентабельності капіталовкладень
6	Детальне планування	Аналогічно 1–5
7	Реалізація	Гістограма Управління проектом Мережеве планування Процедура вироблення рішень

Рис. 2.1. Перебіг процесу планування систем матеріального потоку, зразкові методи й допоміжні засоби для окремих етапів планування

І, нарешті, необхідно вжити заходів і домовленостей, однак при цьому потрібно враховувати, що вони також обмежують волю рішень у такий самий спосіб, як і твердо задані крайові умови. У деяких випадках навіть необхідно планувати варіації певних крайових умов у тому випадку, якщо впливу вжитих заходів не можна буде оцінити.

У рамках аналізу даних планування на другому етапі в існуючих системах, що мають потребу в раціоналізації, розширенні або новому плануванні, здійснюється аналіз фактичного положення або фактичного стану. Він розчленовується на визначення дат, що збираються, а також на реєстрацію, повторний огляд, улагодження, ущільнення й екстраполювання для створення планових показників. Вони утворюють основу для наступного планування.

Третій етап служить для створення *проекту варіантів процесу*, що побудований у вигляді ланцюжка робочих операцій, та тих, які крок за кроком мають привести до створення кінцевого стану, визначення якому надано в постановці завдання. Цей крок часто позначають як принципове або структурне планування (англ. Layoutplaning – планування розташування). При цьому планують процеси (послідовність робочих процесів, наслідки операцій матеріального потоку, ланцюжок транспортування). Структури (матеріального потоку, цеху, складу) є результатом планування. Для цього необхідно мати знання відносно способів, технологій і рішень проблем. Постановку завдання на цьому етапі, як правило, не можна однозначно вирішити, тому що для досягнення необхідного кінцевого результату необхідно розглянути кілька варіантів процесу. Якщо на цьому етапі планування буде встановлено, що суперечливі цілі або надмірні вимоги будуть обмежувати вирішення постановки завдання або навіть послужать причиною неможливості її вирішення, то в такому випадку від способу дії потрібно відмовитися й перейти до завдання й відповідного корегування припущень або вимагати додатково відсутніх даних. Це зображено на рис. 2.1 за допомогою стрілок, спрямованих в обидва напрямки. Результатом третього етапу є варіанти принципу або структури. На наступних етапах до планування приєднують технічні системи (проектування систем).

Виконаний на четвертому етапі *проект варіантів основних засобів виробництва* тісно взаємозалежний із третім етапом і знаходиться в отриманих результатах. Він передбачає якісний вибір основних засобів виробництва, часткові або типові рішення їх приєднання до окремих робочих операцій або до ділянок робочого процесу та їх погодженість. Рішення цих проблем вибору і приєднання рідко буває однозначним, тому що часто для

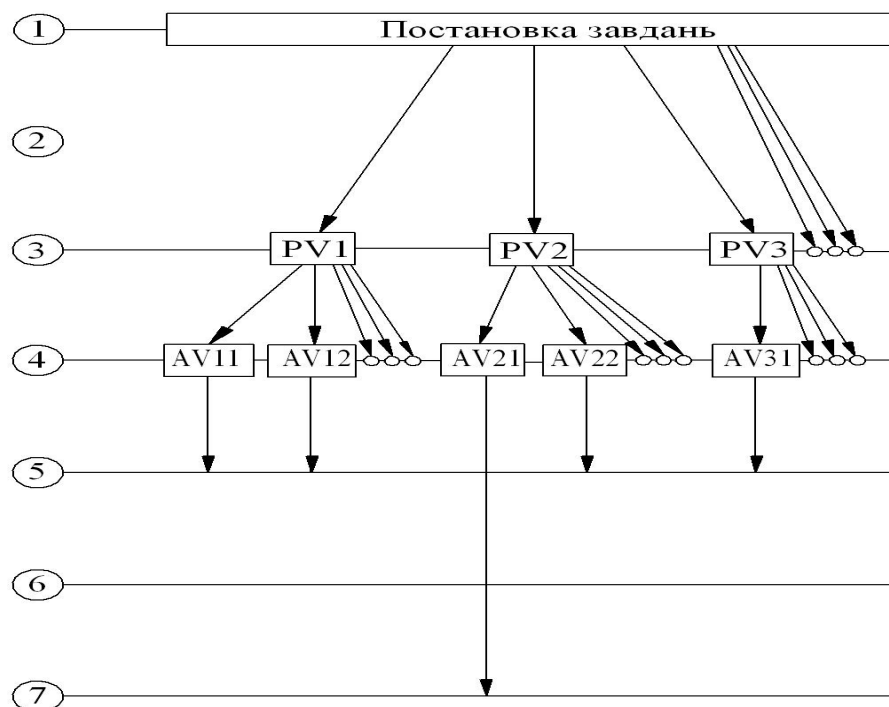
виконання однієї операції придатними є декілька основних засобів виробництва. І, навпаки, є основні засоби виробництва, які дозволяють виконувати декілька робочих операцій. При виборі й розподілі основних засобів виробництва може виникнути необхідність повернення до етапу планування проекту варіантів процесу, та за допомогою внесення змін у процес є можливість рішення іншої технічної проблеми. Результатом четвертого етапу є технічні варіанти.

На п'ятому етапі планування в рамках проектування системи (грубе планування) здійснюють *визначення параметрів, повторний огляд і оцінку варіантів*. Визначення параметрів основних засобів виробництва дозволяє зробити їх кількісне залучення в робочий процес. Визначення параметрів може виконуватись послідовно для необумовлених часом величин (розміри, несуча здатність, маса та ін.), а також і для обумовлених часом величин (швидкість, прискорення, продуктивність транспортних засобів та ін.). При визначенні параметрів обумовлених часом величин необхідно зробити узгодження з іншими основними засобами виробництва, зокрема, у матеріальному потоці та в технологічному процесі, що разом повинні реалізувати запланований робочий процес. Контроль і тим самим підтвердження функціональної здатності основних засобів виробництва перебувають у тісному взаємозв'язку з визначенням параметрів. Вони можуть виконуватись тільки в поєднанні з визначенням параметрів, тому що бездоганне функціонування основних засобів виробництва залежить великою мірою від визначення параметрів. Можна виявляти непридатні основні засоби виробництва й видаляти їх.

Якщо всі варіанти виявляться непридатними для експлуатації, необхідно повторити попередні етапи й перевірити, чи були враховані всі технічні варіанти. При необхідності можна навіть повернутися на стадію проектування варіантів процесу для перевірки, чи існує необхідність в альтернативних технологічних рішеннях. Прийнятні варіанти піддають оцінці з урахуванням поставлених цілей і крайових (граничних) умов, а також аспекту економічності. Поряд із цим для оцінки необхідно також використовувати кількісні критерії (параметри продуктивності й витрат, готовність до використання, надійність та ін.) та якісні критерії (чіткість руху матеріалів, надійність, прийнятність колективом працівників, гнучкість, розширюваність та ін.). Якщо

варіанти будуть оцінені як негативні, знову знадобиться повернутися до попередніх етапів. У такому випадку буде виявлений кращий варіант, і він буде продовжений на наступних етапах планування (рис. 2.2).

На шостому етапі виконується ступеневе деталізоване планування, як правило, кращого варіанта, при цьому в підсистемах очікують виконання відповідних завдань, що вже були оброблені в зазначених вище способах дії (етапи 4 і 5). Деталізоване планування включає визначення ступеневих способів дії, а також оцінку пропозицій, що надходять.



PV (Prozessvarianten) – варіанти процесу;

AV (Arbeitsmittelvarianten) – варіанти основних засобів виробництва

Рис. 2.2. Перебіг планування систем матеріальних потоків, зразкові методи й допоміжні засоби для окремих етапів планування

На сьомому етапі після видачі пропозиції виконується реалізація системи до приймання й передачі.

Як способи вирішення на багатьох етапах набувають застосування методи, які втілюють у варіанти постановки завдання, робочі процеси й основні засоби виробництва. На етапах 1–3 працівник планового відділу повинен у першу чергу одержати вказівки та використовувати свої знання й досвід при пошуку рішень. На етапах 4 і 5 він часто повинен звертатися до пропозицій і каталогів основних

засобів виробництва з боку виробника. За рахунок систематичного поєднання цих завдань він може на підставі безлічі варіантів розробити варіант рішення. Цей варіант можна значною мірою розширити відповідно до законів комбінаторики, у зв'язку з чим в сфері планування дедалі більшою мірою використовують обчислювальні машини.

Допоміжні засоби і методи окремих етапів планування наведено в правій колонці на рис. 2.1. Обчислювальна машина набуває дедалі більшого значення на кожному етапі. У підрозділі 2.3 «Автоматизоване планування» наведено як приклад для етапів 2, 3, 4 і 5 можливості застосування обчислювальної машини. У процесі розробки плану також знайдено рішення з моделювання із застосуванням обчислювальної машини для всіх етапів. Таке рішення розглядається в підрозділі 2.4. Планування на основі моделювання пояснюється за допомогою прикладу. У майбутньому поряд із використанням інструментів моделювання буде зростати також і застосування експертних систем на всіх етапах планування. Із цієї причини підрозділ 2.5 спеціально присвячено експертним системам «Експертні системи в плануванні».

2.3. Автоматизоване планування

При плануванні інноваційних комплексних систем матеріальних потоків для працівника планового відділу зростають вимоги, що виходять далеко за межі звичайних розрахунків продуктивності й пропускної здатності. Найважливішою необхідною характеристикою планованих систем є достатня гнучкість щодо змінних крайових (граничних) умов підприємства (коливання виробництва, сезонні коливання, нові продукти). Планування й експлуатацію таких гнучких інтегрованих систем матеріальних потоків зі стохастичними (імовірнісними) навантаженнями системи за допомогою традиційних методів у зв'язку з комплексністю систем часто вже не можна зробити. Із цієї причини нові методи повинні розраховуватися з урахуванням застосування обчислювальних машин. Завдяки цьому можна краще управляти необхідним розмаїттям даних. Отримані в процесі планування й оброблені дані можна використовувати далеко за межами сфери планування. Тільки за допомогою автоматизованого планування можна короткочасно зіставляти один з одним і документувати альтернативні можливості планування при збереженні якості планування.

Використання обчислювальної машини в процесі планування у наш час ще обмежено при підготовці різних інструментів з дуже спеціалізованим простором рішень. Так, наприклад, уже було розроблено кілька інструментів планування, що прискорюють класичний процес оформлення й за рахунок раціонального перебігу створюють більше простору для креативної діяльності працівника планового відділу. Вони надають, як правило, часткове рішення, або так зване острівне рішення.

Автоматизований аналіз даних і створення даних планування більш докладно розглядаються в пункті 2.3.2. «Аналіз даних планування». Наступний за підготовкою бази даних етап проектування варіантів процесу й, відповідно, принципове планування, і визначення структури можна раціонально виконати за допомогою автоматизованих систем. Системи програмування з інтегрованими алгоритмами оптимізації служать для вирішення питань структури й місця розміщення (див. пункт 2.3.3 «Планування структури матеріального потоку»). В сфері проектування систем дедалі більше здобувають популярності, насамперед, техніка моделювання. Для розробки необхідних вихідних планів (планування розрахунку параметрів, розрахунок граничної продуктивності, розрахунок варіантів) виправдали себе різні інструменти (див. підрозділ 2.4. Планування на основі моделювання). Експертні системи набули застосування при виборі оптимальної техніки, і вже дають перші наближені відповіді на питання розрахунку параметрів.

2.3.1. Безперервне планування матеріальних потоків

Найбільший дефіцит у плануванні систем матеріальних потоків полягає в перебігу планування. Характерним для процесу планування є те, що впродовж усього часу планування протікає ітеративний процес. Проміжні результати кожного етапу планування порівнюють у кожному випадку з існуючим завданням етапу планування, ставлять за необхідності нові питання, й це приводить до того, що етапи планування знову повторюють. Однак ця ітерація перебуває й залишається обмеженою в часі на процес планування. Вона до кінця планування завершується реалізацією етапу планування. Саме в цьому місці необхідно застосувати новий метод планування. Великий інтегрований процес планування потрібен для того, щоб досягти в будь-який час мети готовності оптимізації підприємства.

За умови, що процес планування задокументований достатньою мірою точно, можна при відносно незначних витратах відразу ж реагувати на зміни виробничих умов, які свідчать про потребу в плануванні, перш ніж виникнуть порушення у виробничому процесі. Таку постійну готовність планування можна реалізувати тільки в тому випадку, якщо виконується контроль визначальних для планування характеристичних величин, що являють собою вхідний параметр підприємства. При цьому необхідно використовувати, ущільнювати й реалізовувати всі дані із загальних систем інформації та керування (див. підрозділ 2.3. Автоматизоване планування). Для цієї мети у виробництво необхідно інсталювати систему виміру й оцінки, що укладається в рамки процесу планування.

Отже, шлях до постійної готовності для оптимізації підприємства полягає в тому, щоб ітерація не обмежувалася плануванням, щоб логічні системи переносилися від планування на підприємство. Для цієї мети необхідно створити короткочасно реагуючий і швидкодіючий зворотний зв'язок між плануванням і підприємством. Передумовою для цього служить постійна готовність планування за рахунок впровадження обчислювальних машин у процес планування.

2.3.2. Аналіз даних планування

Наявний у розпорядженні інформаційний масив підприємства в наш час передусім спрямований на торговельно-економічні потреби. Дані, необхідні працівникові планового відділу для планування матеріального потоку, вилучити з цього масиву важко, якщо взагалі можливо. Часто їх необхідно оцінювати незважаючи на те, що вони в принципі не були призначені для цього. Виробничі програми й робочі плани дозволяють визначати підготовлену кількість виборів (рішень).

Навпроти, дані про транспортовані тарні одиниці – необхідні для розрахунку параметрів підйомно-транспортного устаткування, у більшості випадків відсутні. Кількість дій у вартісному вираженні щодо складських запасів відома, однак їх тільки зрідка можна розрахувати у формі кількості, штук, обсягу. Це знання є передумовою, наприклад, для визначення необхідних буферних здатностей і складських потужностей.

Із цієї причини необхідно створити системи програмного

забезпечення, що уточнюють існуючі фабричні дані (фактичний стан) і ущільнюють важливі для планування показники (створення бази даних планування).

На рис. 2.3 показано процес запису фактичного стану, що служить для підготовки етапів планування, що додається. У рамках запису даних збирають дані про виробу й структуру замовлення, а також спосіб процесу оформлення й виконання замовлення. Як вироби, так і структури замовлень можна розкласти на параметри стану й параметри руху.

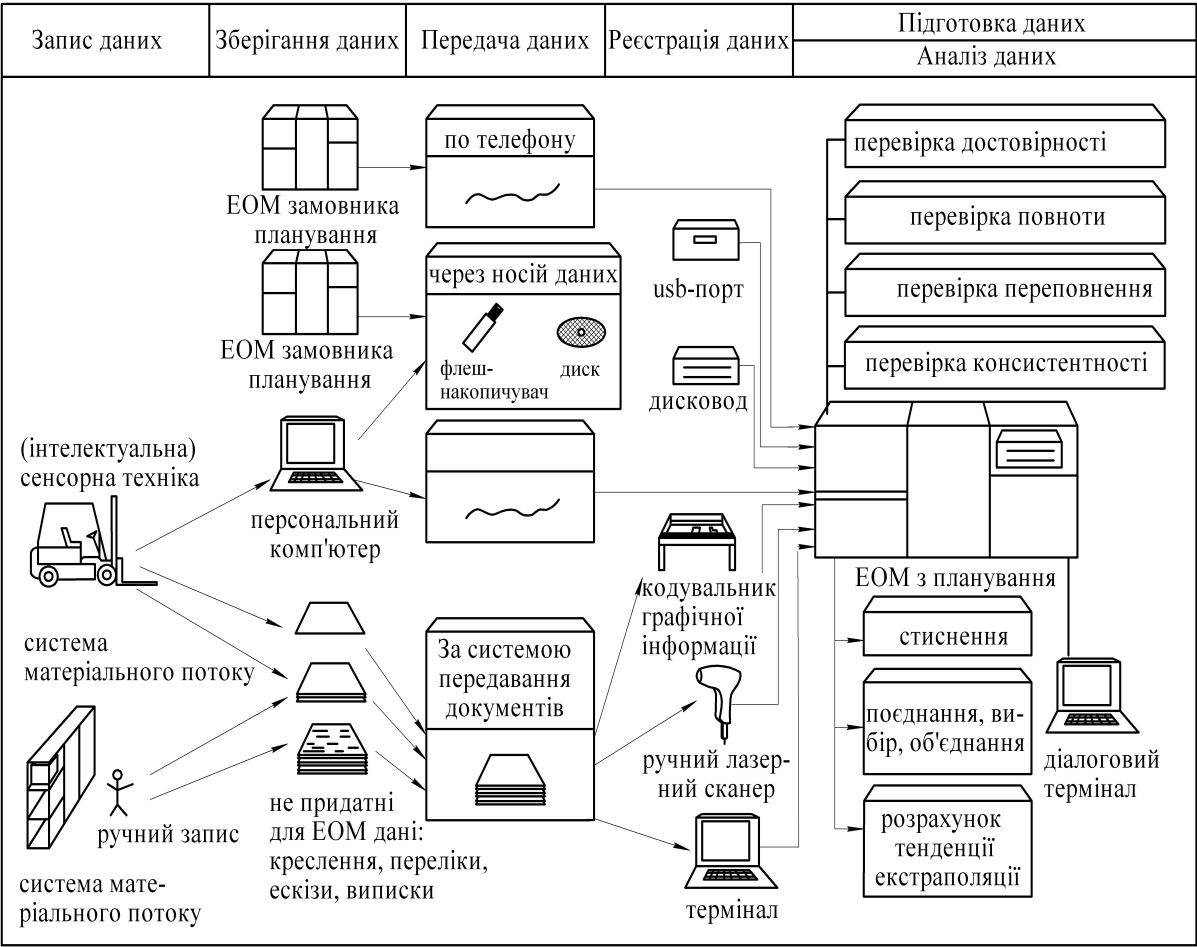


Рис. 2.3. Принцип дії при автоматичному записі фактичного стану

Параметри стану вимірюють безпосередньо, тому що вони відображають відповідну до певного моменту часу характеристику й відповідний до певного моменту часу стан. У даних для виробів, наприклад, при плануванні ведення складського господарства є в наявності типові параметри стану у вигляді номерів виробів, позначок, розмірів, маси, готівки, упакування або

розподілу допоміжних навантажувальних засобів. У даних за замовленням вони існують у вигляді надходження й відправлення за позиціями, дати замовлення, номери замовлення, виду замовлення, порядкового номера або номера позиції, номери виробу в позиціях замовлення, а також типу відправлення.

Із цих величин за допомогою способу розрахунку й ущільнення визначають і інші параметри стану. Такі ущільнені дані виробів являють собою, зокрема, групи виробів, досяжність групи виробів і в тому числі резервний запас. Ущільнені дані виробів існують, зокрема, у вигляді ваги замовлення, обсягу (об'єму), навантажувального метра, позицій на замовлення, кількості вилучень, а також і у вигляді класу замовлення.

Якщо величини цього порядку будуть співвідноситися з одиницями часу, то в такому випадку утвориться кількість рухів, що характеризує зміну системи. У даних виробів це передбачає собою, зокрема, прийняття на склад і переміщення з одного складу на інший за одиницю часу; у даних на замовлення, наприклад, кількість за одиницю часу, обсяг за одиницю часу або одиниці відправлення за одиницю часу.

За допомогою такого принципу дії можна одержати повний опис існуючого дійсного положення. Такий спосіб можна повністю переносити в систему з обробки даних, таким чином, як це ще практикується в наш час для збору даних з планування ведення складського господарства. При автоматизованому аналізі даних зі складування, зокрема, за узгодженням із замовником переписують дані, що зберігаються в обчислювальній машині, з планування й підготовлюють там. При цьому роблять велике тестування на вірогідність, повноту, надмірність (переповнення) і консистенцію. Залежно від мети оцінки можна переглянути відсутні дані й доповнити їх.

Наявні в розпорядженні стандартні оцінки структури виробів і замовлень (табл. 2.1) уже дають дуже змістовні відомості за фактичним станом розглянутої системи потоку матеріалів і утворюють основу для наступного планування. Спеціальну оцінку можна легко запрограмувати на вимогу в окремому випадку. Основна структура існує і використовується в загальноприйнятому вигляді.

Таблиця 2.1 – Автоматичний аналіз складських даних

Аналізи замовлень		
Стандартна оцінка	Критерії ущільнення	Результат аналізу
Аналіз класів замовлення	Позиції за замовленням	Диференціювання стратегій комплектації замовлень
Аналіз об'єму або ваги замовлення	Вага або об'єм замовлення	Утворення зони пакування, розрахунок розмірів місця для пакування
Структура об'єму або ваги відправлених товарів	Вага або об'єм на позицію замовлення	Диференціювання складських ділянок; можливості автоматизації відбору
Аналіз відправлень	Вид відправлення	Розрахунок зони відправлення
Аналіз надходження замовлень	Розподіл замовлень у день	Визначення максимальної продуктивності

На підставі отриманих фактичних даних виводять заданий стан (рис. 2.4). Для цього на першому етапі роблять розрахування прогнозів і тенденцій, щоб одержати, таким чином, з них майбутній розвиток.

За необхідності очікування дані можуть бути надані й з боку керівництва підприємства. Точне визначення необхідних до планування даних виконується за допомогою екстраполяції фактичних даних.

При визначенні заданого значення за допомогою екстраполяції можна, у принципі, розрізняти два способи дії:

- а) за виробами записують фактичні дані:
 - під час запису фактичних даних дані, що існують, ущільнюють у групи виробів;
 - на основі даних груп виробів екстраполують номінальні дані;
- б) за виробами записують фактичні дані:
 - за виробами екстраполують номінальні дані;
 - на основі номінальних даних на виріб роблять ущільнення інформаційного матеріалу.

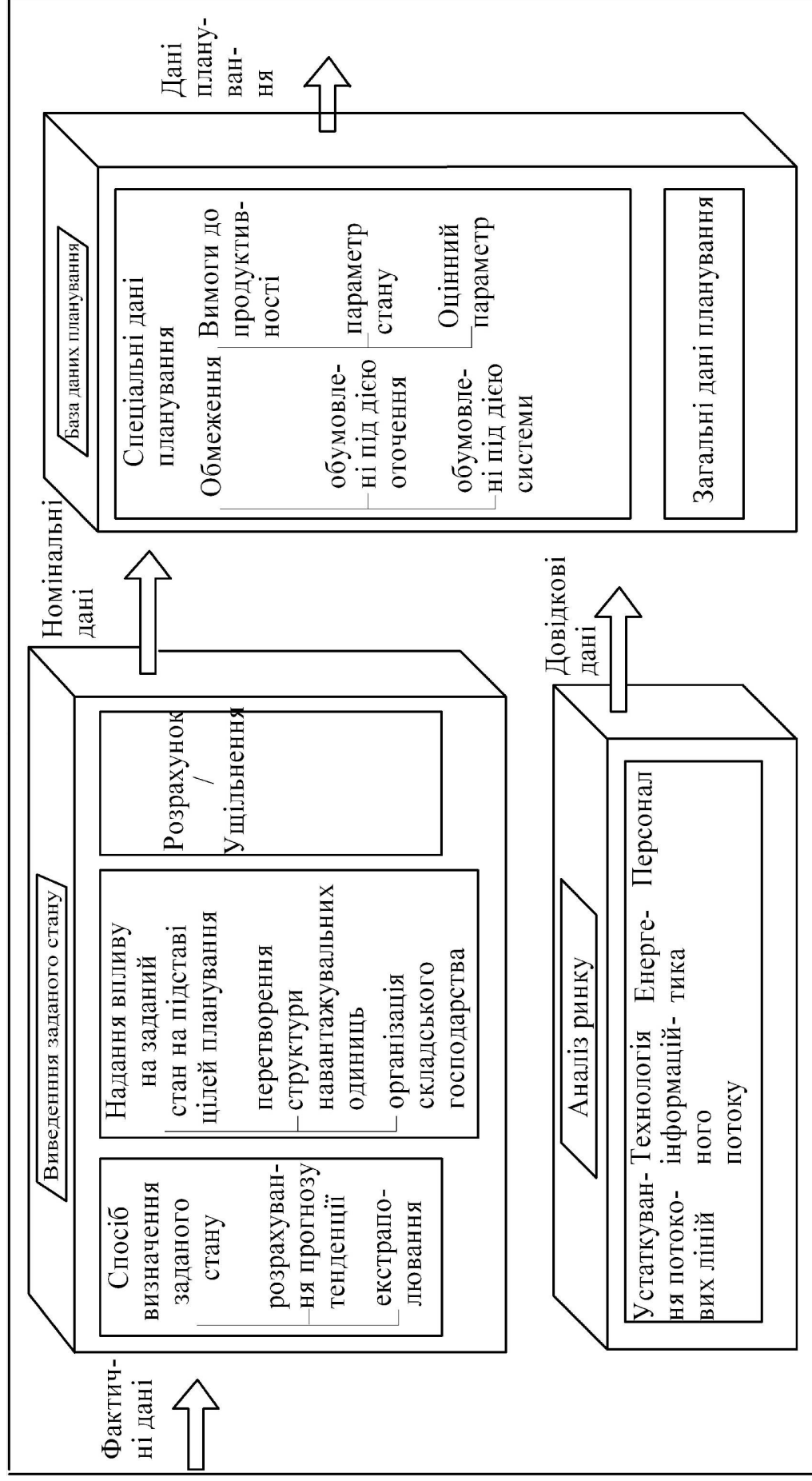


Рис. 2.4. Побудова бази даних планування

Спосіб дії (б) являє собою точний шлях, тому що екстраполявання охоплює всі можливі форми вираження характеристик товару. При цьому враховуються можливі зрушення в межах структури виробів, наприклад, за групами допоміжних навантажувальних засобів, наявності або за іншими критеріями. На противагу цьому такі зрушення при екстраполяванні за групами відповідно до першого способу можуть не відбуватися. Відповідно, другий спосіб дії є більш трудомістким порівняно з першим і з цієї причини необхідно буде зважати на претензії щодо точності й витрат на розрахунок.

На другому етапі для виведення номінальних або контрольних даних враховують вплив заданого стану під дією цілей планування й разом із цим також і під дією очікуваних або запланованих перетворень у межах структури виробів і замовлень, а також і виконання замовлення. Зміна продуктів, що підлягають зберіганню, впливає, зокрема, на структуру виробів і через це – на основні засоби виробництва, що підлягають інсталяції. Так, наприклад, формування вантажних одиниць із метою забезпечення розподілу допоміжних навантажувальних засобів може змінитися порівняно з фактичним станом. Стратегія складського господарства, зокрема, дотримання Fіfo-принципів «першим прийшов – першим обслужений» (First-in – First-out), або можливість утворення частин поставки в системах комісіонування у цьому випадку приєднується до визначення бази даних планування.

У такий самий спосіб, як і фактичні дані, номінальні дані на третьому етапі піддають *розрахунку й ущільненню*, так що за допомогою отриманих номінальних або контрольних даних можна створити базу спеціальних даних планування, що складається з обумовлених навколишнім середовищем і системою обмежень, а також із вимог продуктивності (зображено у вигляді параметра стану й параметра руху).

Загальні дані планування поповнюють базу даних. Їх виводять із аналізу ринку, що включає сфери устаткування поточкових ліній, технологію інформаційного потоку, енергетику й персонал. У результаті цього забезпечується можливість планування варіантів системи. Існуючі інформаційні дані з альтернативних рішень з урахуванням складського устаткування, що використовується, підготовляють для довідкових даних (каталогів), до яких можна

звертатися в рамках планування. Таким чином, одержують у розпорядження повну базу даних планування зі спеціальних і загальних даних планування. Всі описані згодом інструменти автоматизованого планування можна принципово поширювати на загальновживані етапи визначення фактичних даних і для визначення даних планування. Явна мета має бути спрямована на те, щоб освоїти загальновизнаний цикл аналізу й підготовки даних для всього процесу заводського планування.

2.3.3. Планування структури матеріального потоку

Працівник планового відділу, що займається плануванням матеріальних потоків, часто при плануванні раціоналізації й розширення стикається з постановкою питання, чи буде більш доцільно організувати окремі фази технологічного процесу в межах заданої заводської структури або ж буде більш доцільно змінити заводську структуру. У таких випадках у такий самий спосіб, як і при новому плануванні, третій етап у способі дії (див. підрозділ 2.2. Спосіб дії при плануванні матеріальних потоків) буде рівноцінним плануванню заводської структури. За допомогою оптимального розміщення засобів виробництва в рамках виробничого процесу можна впливати на час проходження матеріалів і знизити поряд із цим витрати на накопичення запасів, а також – на маніпулювання.

У зв'язку із цим застосовують засоби ЕОМ, що допомагає створювати варіанти розташування за певними критеріями. Така оцінка повинна вироблятися одночасно із взаємодією працівників планового відділу, щоб працівник планового відділу зміг відразу реагувати на результат.

Тут, як приклад, буде описано програму планування внутрішньозаводського розміщення виробництва, включаючи, зокрема, такі компоненти, як перетворення даних у цифрову форму, графіку, оцінку й оптимізацію. Програма працює на основі планів внутрішньозаводського розміщення виробництва, які встановлюють на *планишет*, що кодує, або планшет-перетворювач і за допомогою перехрестя ниток (оптичного приладу) оцифровуються й уводять в обчислювальну машину. В обчислювальну машину також уводять відповідні траєкторії матеріального потоку, а також точки відправлення й здачі для системи транспортування і керованих ділянок підприємства з

постачання й утилізації. За допомогою *графічних компонентів* можна зробити зміни в розміщенні. *Компоненти оцінки* розраховують після внесення кожної зміни параметрів, які працівник планового відділу визначив заздалегідь для системи (наприклад, використання площ, пропускна здатність та ін.), завдяки чому для працівника планового відділу забезпечується можливість безпосереднього прямого зв'язку.

Компоненти оптимізації розподіляють ще на площі, що підлягає розміщенню, відповідно до декількох вибіркових стратегій у базовій площі. Можливі конфлікти усуваються при цьому відповідно до заданих стратегій. На рис. 2.5 показано приклад розташування (оригінальна роздруківка з обчислювальної машини).

У наш час за допомогою ПК створюються системи планування розташування, в яких розрізняють чотири класи площ; базові площі, площі шляхів, площі обмеження й планування.

Базові площі працівник планового відділу має в розпорядженні на підставі схеми розташування цеху. Вони обмежуються стінами цеху. Площі доріг являють собою зарезервовані для транспортних засобів проїзні дороги.

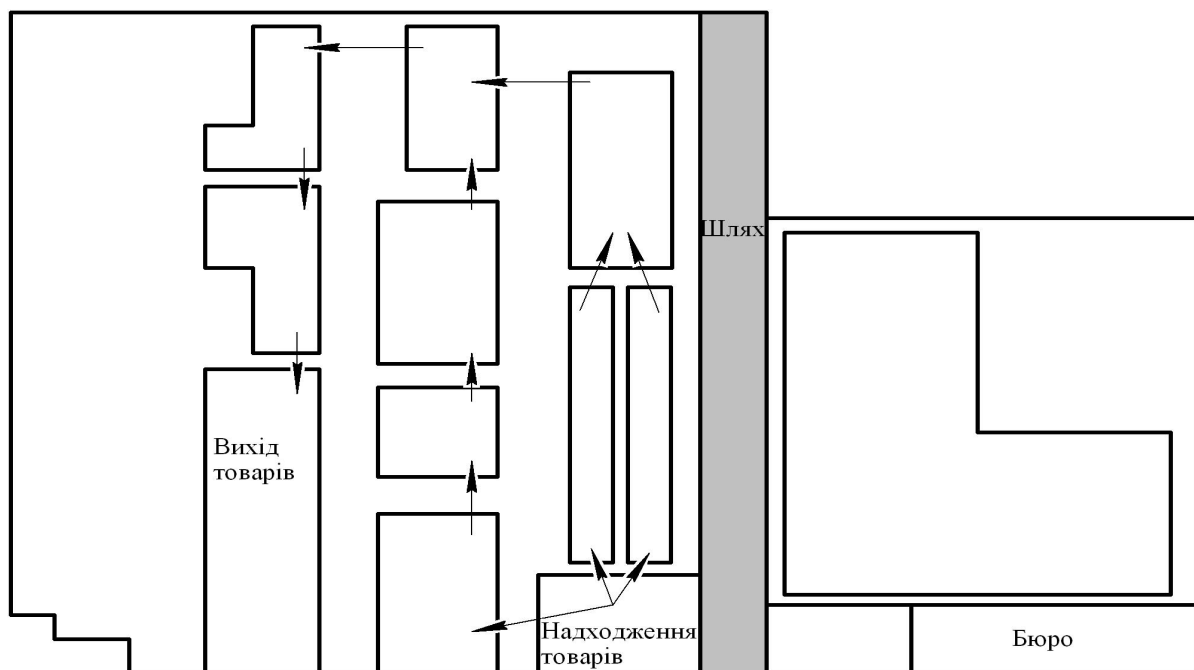


Рис. 2.5. Приклади варіантів розташування програми планування (роздруківка з обчислювальної машини)

В *обмежувальних площах* розрізняють повністю закриті й обмежені площі. Обмежені площі володіють ознаками верхньої

межі (наприклад, вантажопідйомність 10 т). Дотримання таких обмежень перевіряють при кожній процедурі.

У *планованих площах* розрізняють три типи площ: упорядковані площі, які повинні перебувати на своєму місці розташування, упорядковані площі, які в рамках оптимізації ще можуть переміщатися, і площі, що ще не впорядковані, але вже введені в систему з даними. Послідовність розташування здійснюється або програмою, або наочно користувачем. Площі зображують за допомогою обчислювальної машини із забезпеченням точності форми й площі.

Працівник планової справи може визначати будь-яку кількість ознак, якими він може оснастити окремі площі й відзначати цінність. Крім того, він може в різних планових площах визначати відносини привабливості, які повинні підкреслювати, на якій відстані разом або роздільно можуть розташовуватися ці площі. Таким чином, зображують, зокрема, погляд майстра за декількома машинами у позитивній привабливості.

2.3.4. Планування системи матеріального потоку

На перспективу всі види діяльності в сфері планування, починаючи від аналізу даних і закінчуючи складанням конкурсної (тендерної) документації, необхідно робити за допомогою обчислювальної машини. При цьому не відбувається заміна креативності (творчого характеру) планового працівника, а є стимулювання, тому що він звільняється від виконання рутинної роботи. Не можна ефективно обробити аналітично всі проблемні сфери планування матеріальних потоків. Із цієї причини функції системи планування не можуть мати винятково тільки аналітичну природу, але вони повинні також включати методи моделювання й у тому числі науково обґрунтовані методи (див. підрозділ 2.5. Експертні системи в плануванні). Таким чином, плановий працівник одержує в розпорядження можливість ефективної перевірки своїх результатів. Поряд із цим він постійно одержує зростаючу наукову базу, яку він наповнює як експерт.

Однією зі сфер діяльності планування матеріальних потоків є технічне й організаційне оформлення складської системи. З одного боку, проектування і визначення параметрів технічного

устаткування й організацію виробництва за принципом регулювання послідовності операцій необхідно розробляти з урахуванням економічних аспектів. З іншого боку, необхідно визначити, які вироби, як, і в якій кількості необхідно складувати, а також як, у який момент часу і в якій кількості заготовляти.

Таким чином, планування складської системи передбачає такі дії:

- проектування техніки систем транспортування, зберігання, маніпулювання, комплектування (комісіонування) і систем перевантаження в сфері складування, а також визначення ступеня можливості їх автоматизації;

- проектування систем потоку інформації;

- визначення організаційної форми й відповідних стратегій управління;

- проектування адміністрування.

Помилки на стадії планування призводять до виникнення економічно не вигідних складських систем із частково непередбаченими впливами на попередні й заключні функціональні ділянки, зокрема, заготівлі, монтажу та підвищення надійності планування за рахунок використання автоматизованої системи. Існуючі концепції і пакети програм можна підрозділити на два класи.

По-перше, існують взаємозалежні програми, які часто характеризуються обмеженою сферою застосування (наприклад, тільки одна складська система). Вони мають примусове застосування без можливості змін і оптимізації для всієї системи та призначені тільки для цього спеціального виробництва й на запропоновані величини, які не завжди зазнають переносу.

По-друге, існують загальновживані програми, що характеризуються, як правило, твердим перебігом планування, складним обслуговуванням і складним обігом з даними в результаті непридатного інтерфейсу користувача. Поряд із цим вони визначаються обмеженням і розраховані на певні островні (частково) системи з умовною підтримкою окремих етапів планування без передачі даних на наступний етап.

Майбутні системи планування складів необхідно орієнтувати на *загальну оптимізацію*. Вони повинні працювати з використанням наукових методів (експертних систем) і включати підтвердження здатності функціонування за допомогою моделювання. При цьому має важливе

значення, щоб вони дозволяли здійснювати раціональне документування планування, зображувати результати й мати ефективну техніку планування. Архітектура спрямованих на майбутнє систем планування підрозділяється на чотири етапи. Базове планування, чорнове планування, детальне планування й завершення планування системи (рис. 2.6). При цьому зв'язок із оточенням забезпечується, як правило, за допомогою базового планування.

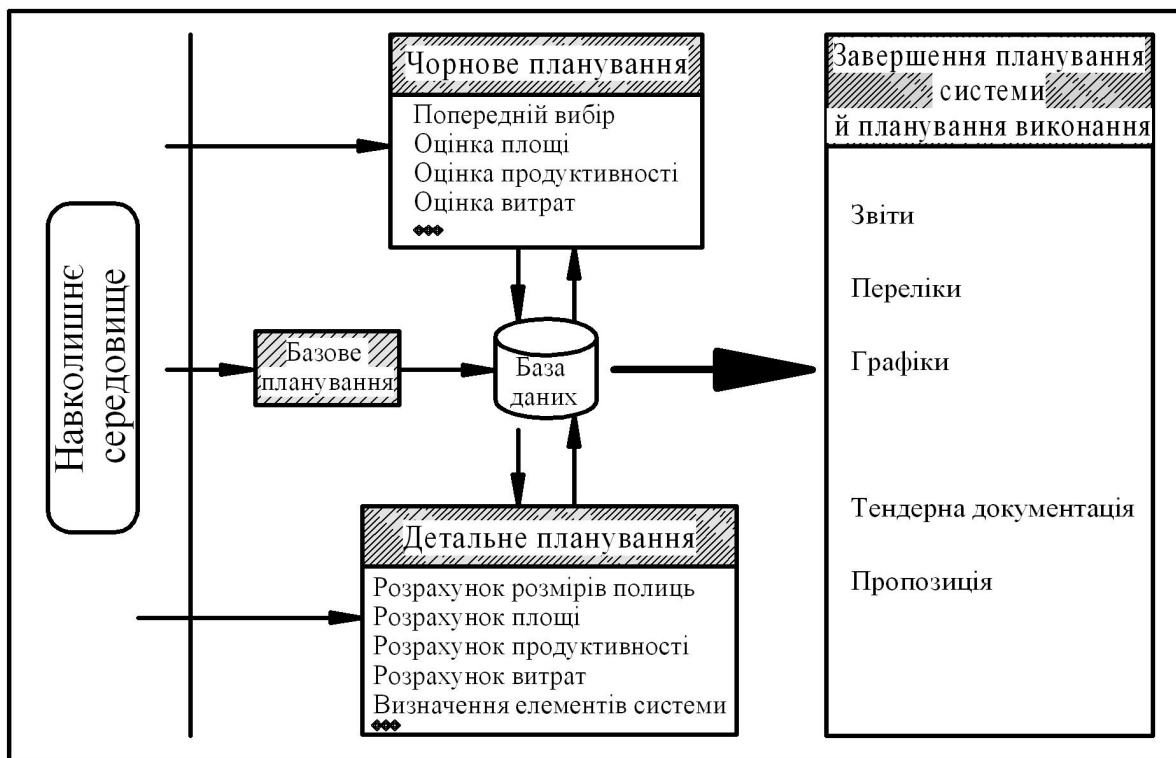


Рис. 2.6. Архітектура майбутніх систем планування складів

Вони служать для визначення базової інформації, зокрема, планування або обмеження (див. підрозділ 2.2. Спосіб дії при здійсненні планування систем матеріального потоку). Крім того, у її рамках визначають, звідки були отримані дані, та хто їх вилучає. Централью розташована база даних регулює потік інформації між зазначеними вище підсистемами. При цьому тверда послідовність не передбачена. На рис. 2.7 наведено важливі вхідні дані, які працівник планового відділу повинен вводити в обчислювальну машину для визначення параметрів полиць і розрахування продуктивності, а також відповідні вихідні дані, що визначає обчислювальна машина в рамках планування.

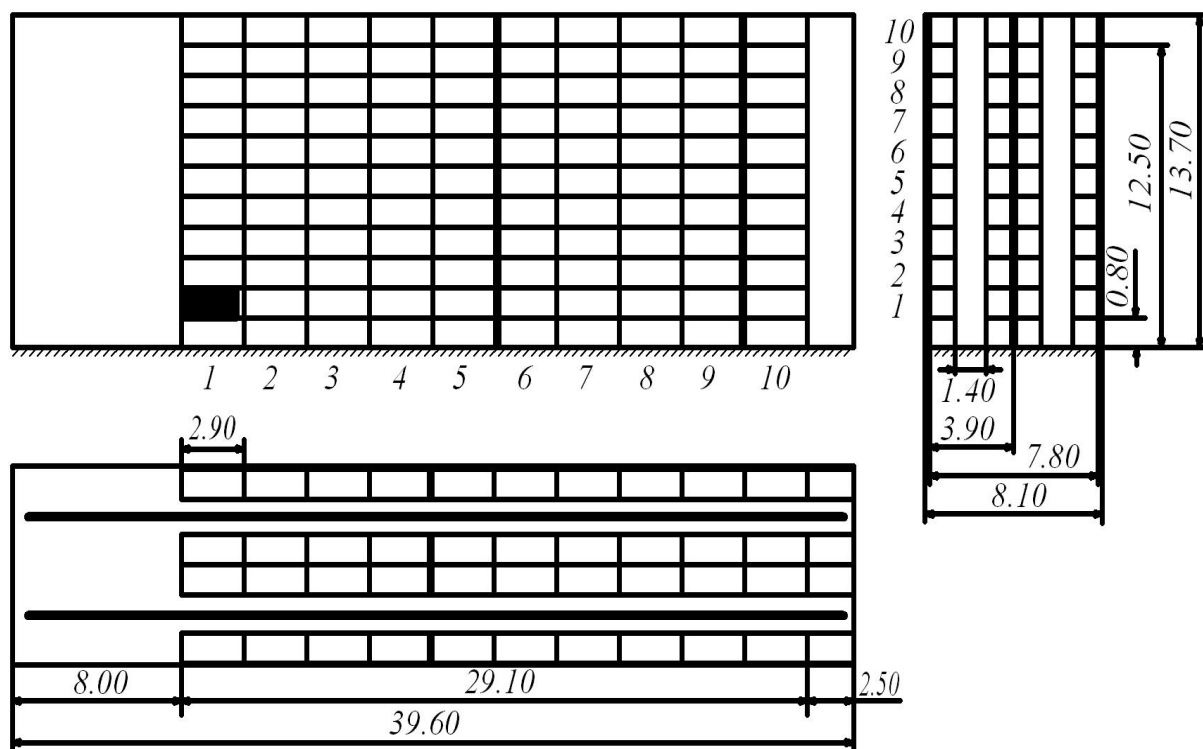


a



б

Рис. 2.7. Створення основних вхідних та вихідних даних для зберігання обсягів і розрахунку продуктивності зберігання піддона на полиці



<u>База планування</u>	<u>Результат планування</u>
Одиниця вантажу(LE) : 800 x 1200 x 1100 мм	Довжина складу : 39,60 м
Кількість місць збору (soll=задане): 1200 LE	Ширина складу : 8,10 м
Кількість переміщення палет : 250 LE/година	Висота складу : 13,79 м
Максимальна висота місця складування: 12,50 м	Кількість проїздів : 2
	Кількість стелажних штабелерів : 2
	Довжина складу : 1200 LE

Рис. 2.8. Результат автоматизованого планування складської системи (роздруківка EOM)

При цьому працівник планового відділу повинен передусім визначати так звану керуючу інформацію щодо проходження програми й, відповідно, типу складу (склад тарних одиниць або склад комісіонування «комплектації»), можливу стратегію та ступінь автоматизації. Обчислювальна машина опитує відповідні важливі дані й видає результати планування.

На рис. 2.8 показаний у вигляді ескізу процес видачі результатів на прикладі планування багаторярусного складу.

2.4. Планування на основі моделювання

2.4.1. Завдання й умови застосування

Планування систем матеріального потоку завдяки новим, автоматизованим рішенням здобуває дедалі більшого значення. Поряд із цим необхідно також урахувувати багаточисельні фактори впливу й прив'язку, зокрема, до складських засобів і до засобів виробництва. Працівник планового відділу повинен проектувати, оцінювати й вибирати різні можливі варіанти.

Використання загального автоматизованого планування дозволяє застосовувати раціональний і надійний спосіб дії (наприклад, планування установок з автоматичними засобами підлогового транспорту). Важливим інструментом автоматизованого планування є моделювання, що у названому прикладі призначено виконувати завдання випробування й інтерактивної (керованим користувачем) оптимізації обраної топології курсу руху, кількості транспортних засобів, а також стратегії керування.

При використанні засобів забезпечення процесів матеріального потоку виникають залежно від постановки завдання значні проблеми. Традиційні наукові методи для рішення таких проблем полягали в спостереженні за перебігом процесів, у формулюванні гіпотез відносно поведінки системи й у складанні математичних моделей відносно застосування аналітичних і евристичних способів обчислення на стадії планування із заключними контрольними випробуваннями для перевірки цієї гіпотетичної моделі. Ці способи не тільки вимагають значних тимчасових витрат, але також частково дуже дорогі або нездійсненні.

Основна ідея в застосуванні техніки моделювання полягає в тому, щоб максимально точно описати реальну систему за допомогою моделі, для того щоб згодом моделювати проходження.

Стимул для здійснення моделювання існує в тому випадку, якщо вже не існує ніяких методів розрахунку режиму роботи процесу при заданих крайніх умовах (завантаження системи). Причини цього можуть полягати в комплексності, у величині досліджуваної системи й у безлічі параметрів системи. Однак у зв'язку з тим, що мета дослідження може мати дуже різний характер і в результаті цього й модель, а також вимоги до абстрагування на зображення процесу можуть постійно змінюватися у зв'язку

з мінімізацією витрат, універсально використовуваної моделі не існує. Практично для кожного моделювання в основу беруть усього лише одну модель, тому що необхідно обґрунтовувати більші або менші витрати.

Для формулювання зображення реальності можна використовувати різні інструменти, які можуть значною мірою знизити витрати на складання моделі. На рис. 2.9 зображено найважливіші цілі, які пов'язані з використанням моделювання в системі матеріального потоку.

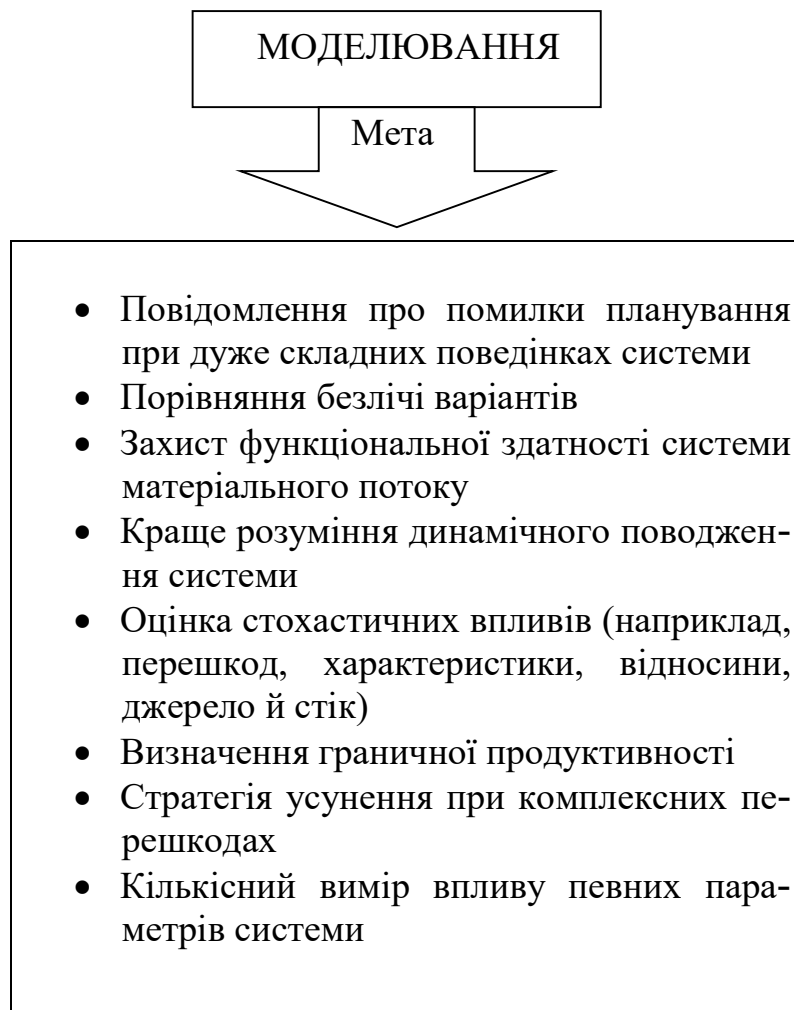


Рис. 2.9. Цілі застосування моделювання

Перед використанням моделювання необхідно проаналізувати такі принципи:

1. Моделювання передбачає план і ціль планування.

Результати моделювання служать для того, щоб усунути можливу ненадійність планування й оптимально розмістити заплановані

системи. Моделювання не має цінності, а іноді є навіть і небезпечним у тому випадку, якщо задані величини для моделювання неправильно або недостатньою мірою проаналізовані. Прагнення завжди повинні здійснюватися так, щоб було досягнуто достатнє імітування (моделювання) реальності за допомогою моделі. Моделювання буде гарним настільки, наскільки певна мета планування повинна бути випробувана в експерименті; це припускає планування необхідних експериментів.

2. Надійність планування необхідно забезпечити до моделювання аналітичними засобами.

У деяких випадках витрати на використання інструментів моделювання і необхідний результат перебувають у несприятливому відношенні відносно один до одного. Це має місце, зокрема, у тому випадку, якщо незначну ненадійність моделювання (наприклад, накопичувальну здатність) необхідно компенсувати за рахунок додаткових дорогих процесів моделювання, однак цей ефект можна компенсувати також за рахунок незначних розрахунків із запасом у реальній системі.

3. Моделювання не можна здійснити без важливого співробітництва планового працівника.

Як всі експерименти на моделі моделювання необхідно планувати. При цьому необхідно здійснювати тісне співробітництво між плановим працівником і фахівцем з моделювання. У той час як плановий працівник потрібен, насамперед при аналізі проблеми й при інтерпретації результату, перед експертом з моделювання стоїть завдання побудови моделі та її реалізацій (рис. 2.10). Ідеальним є, якщо плановий працівник і експерт з моделювання будуть являти собою одну особу. Отже, існує завдання робити моделювання вчасно, тобто супроводжувати планування й безперервне узгодження із просуванням планування.

Застосування планування змушує робити точний аналіз завдання планування і точність даних. У результаті цього буде підвищена якість планування. Моделювання без власних витрат на оформлення замовлення в іншій фірмі або інституті буде успішним тільки в тому випадку, якщо в розпорядженні буде повний опис системи й необхідних експериментів. Однак навіть тут часто існує недолік, тому що результати моделювання викликають, як правило, нові питання і, таким чином, вимагають проведення непередбачених експериментів.

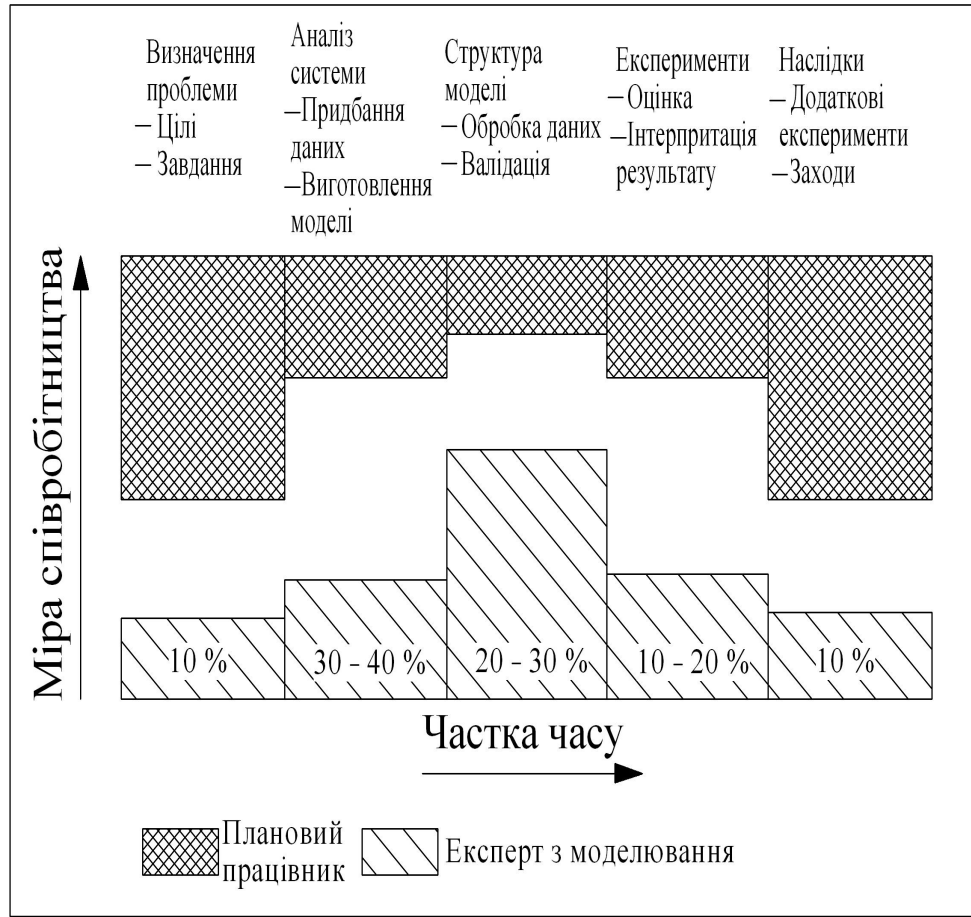


Рис. 2.10. Етапи співробітництва між плановим працівником та експертами з моделювання

2.4.2. Основи моделювання

2.4.2.1. Визначення поняття. Поняття моделювання зі зростаючим розвитком цього способу перетворилося в технічний термін (*terminus technicus*), при цьому однозначного визначення не існує. Тут в основу була покладена директива VDI (Спілка німецьких інженерів) 3633. «Моделювання являє собою імітування динамічного процесу в моделі для одержання відомостей, які необхідно перенести на реальність».

При цьому імітування виконується, як правило, за допомогою програм в обчислювальній машині. Динамічний процес у системах матеріального потоку являє собою процес, що зазнає певних якісних і кількісних змін. Імітаційні моделі мають подавати відображення задуманої (запланованої) або також і існуючої дійсності, за допомогою яких можна робити експерименти (рис. 2.11).

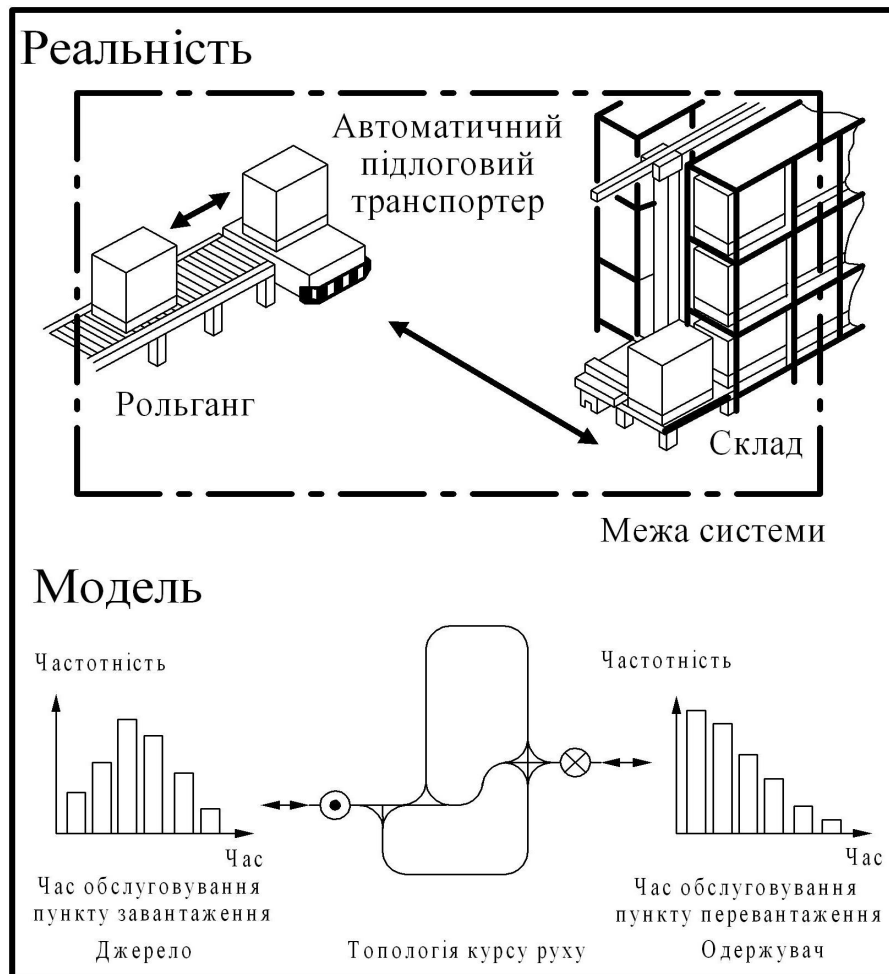


Рис. 2.11. Реальність і її відображення за допомогою моделі

Вигляд *необхідних відомостей* визначає вигляд імітаційної моделі. Ці відомості одержують, якщо імітаційна модель буде завантажена очікуваним або існуючим навантаженням (граничні умови системи), та її через певний час пропустять із запрограмованими умовами. У певні моменти часу розглядають досягнуті стани системи, відправляють на зберігання величини, що її характеризують, і на підставі цього встановлюють систему, що описує статистику, за допомогою якої досягають більш надійної та якісної мети планування.

Розрізняють оцінні й порівняльні дослідження моделювання (рис. 2.12). Оціночне моделювання використовують тільки в тому випадку, якщо необхідно зробити оцінку тільки одного існуючого або запланованого розташування за допомогою моделювання через спеціальні показники. Як перевагу в цьому випадку можна назвати високий ступінь деталізації, точні результати й повноту

оцінюваних даних. Однак як недолік можна вказати вартість і витрати на експерименти, а також великі витрати на одержання вхідних даних. Оціночне моделювання становить різновид детального планування.

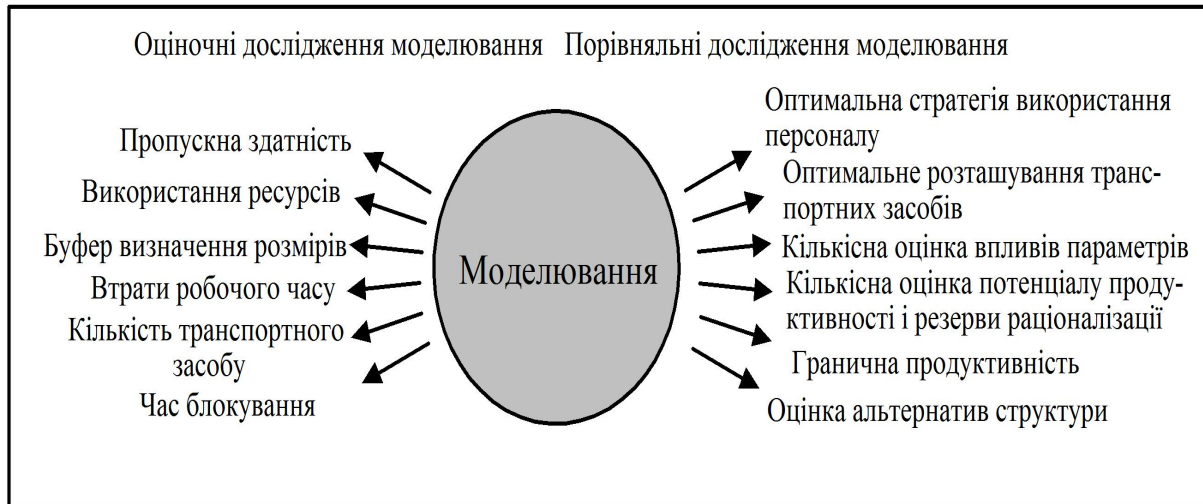


Рис. 2.12. Приклади використання моделювання при оціночних і порівняльних дослідженнях моделювання

Порівняльне моделювання використовують при проведенні порівняння декількох систем матеріального потоку. Також і в цьому випадку визначають показники, як і при оціночному моделюванні, які, однак, служать для порівняння систем, а не для їх оцінки. Незначні витрати на моделювання, швидке здійснення імітації та можливість використання під час загального планування можна віднести до переваг порівняльного моделювання. Сюди варто ще додати покрокове поліпшення моделі, а також те, що точність моделі можна узгодити з постановкою завдання. Недоліком є обмежена можливість реалізації результатів. За допомогою порівняльного моделювання, що часто використовується при грубому плануванні, можна одержати тільки якісні результати.

2.4.2.2. Концепти моделювання.

Сфери застосування й можливості моделювання дуже численні. Для повного їх використання в процесах рішення моделювання доцільно класифікувати. При цьому, з одного боку, постановка завдання під час планування створює базу для критеріїв розташування, а з іншого боку, за рахунок різних умов, що мають ті

або інші властивості у моделях і, відповідно, у реальних системах, виникають різні ознаки класифікації. Таким чином, мова йде про *детерміновані* моделі в тому випадку, якщо майже всі процеси будуть припустимі для розуміння. Однак як тільки в ході процесу виникне тільки одна випадкова змінна величина або залежний від випадку взаємозв'язок, то це означає, що є *стохастична* модель.

Оскільки реальність у більшості випадків не піддається правильному аналітичному опису, через те, що багато подій не є розрахунковими, тобто виникають випадково, то у зв'язку із цим моделювання процесів матеріального потоку засновано, як правило, на *стохастичних* моделях.

В описі реальної системи значну роль відіграють три терміни:

- *подія*: позначення миттєвої зміни стану елемента;
- *активність*: операція, викликана під дією зміни в системі;
- *процес*: розташована в часі послідовність процесів.

Ці терміни дають привід для розробки різних концептів у техніці моделювання.

Орієнтоване на подію моделювання (Event Scheduling)

Виробляється імітація системи за допомогою зображення послідовності подій і взаємозалежних із цим змін стану. Наприклад, прибуття й вибуття замовників в елементарній системі черги подій, що змінюють стан елементів: замовник, черга, віконце (зайняте, незайняте).

Орієнтоване на активність моделювання (Activity Scanning)

Описується система з погляду змінних стану активностей, початок і кінець яких є, відповідно, подією. Єдиною активністю у наведеному вище прикладі є обслуговування замовника у віконця.

Орієнтоване на процес моделювання (Process Interacting)

Тут спостерігається поєднання простоти концепту події з компактною можливістю моделювання концепту активності. При цьому необхідно робити окреслення продовження системи також і на підставі процесів, що протікають паралельно.

Наступний підхід для критеріїв розходження надає момент часу, в який відбувається зміна стану. Якщо в системі матеріального потоку зміни виникають безупинно, наприклад, під час перевезення сипучих матеріалів або рідин, мова йде про безперервні процеси й тим самим – *безперервне моделювання*. Тут є спроба опису динамічної характеристики системи за допомогою диференціальних

рівнянь. Стан системи одержують за допомогою розв'язання диференціальних рівнянь цифровими методами. Такий формалізм придатний, особливо, для моделювання фізичних систем, у яких відомо безліч диференціальних рівнянь, згідно з якими можна зображувати модель. Навпроти, якщо зміни станів системи протікають до стану вирахування моментів часу, то в такому випадку мова йде про дискретну імітацію. Вона особливо придатна для орієнтованих на подію систем, зокрема систем матеріального потоку для штучних вантажів.

2.4.2.3. Стохастика.

Для реєстрації й складання моделі необхідно мати в розпорядженні безліч даних і змінних, які в реальній системі не завжди можна точно зареєструвати аналітичним способом. Сюди зараховують, зокрема, вихід з ладу й ремонт, час на обробку в технологічному виробничому процесі, особливо поводження системи при збуреному впливі.

Для імітації залежних від випадку подій у моделі без їх простого опису тільки за допомогою глобального середнього значення інформаційний матеріал характеризують функцією розподілу величин події, що виникли.

Щільність імовірності найважливіших функцій розподілу, що мають значення в матеріальному потоці й логістиці, показана на рис. 2.13.

Однак функції розподілу необхідно спочатку визначити в реальності. Хоча для певних систем матеріального потоку й існують емпіричні (спробні) величини, проте, саме критичні установки необхідно за допомогою тривалих хронографічних вимірів перевірити з погляду форми їх функції розподілу. Нормальний розподіл застосовують, як правило, при тривалих перешкодах (ушкодженнях) і машинних обробках.

Час на обслуговування і час простою описують, як правило, за допомогою розподілу Ерланга, тим часом як час виникнення перешкод відповідає рівноважному (рівномірному) розподілу. Навпроти, експонентний розподіл часто використовують при описі термінів служби й часу обслуговування.

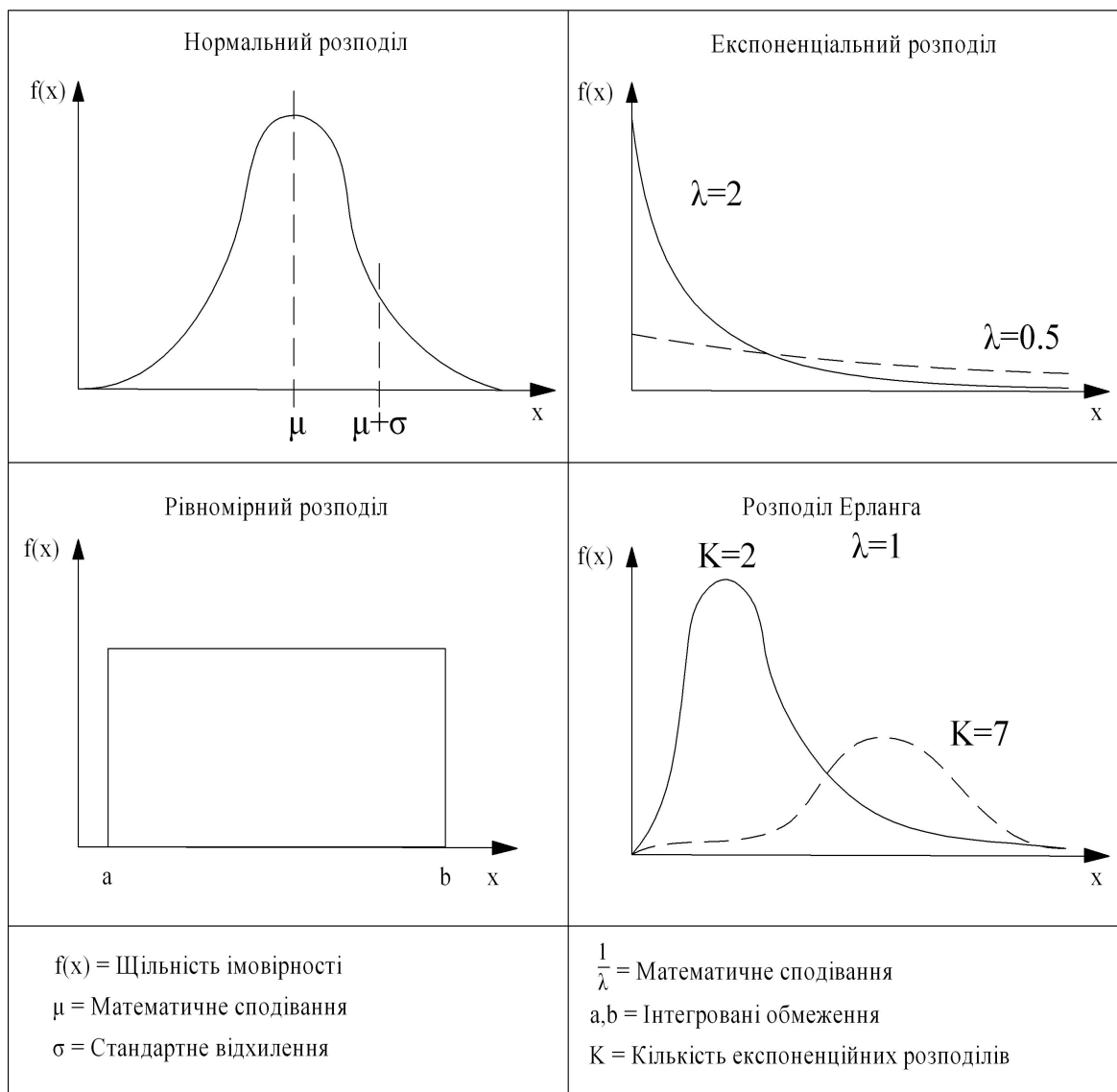


Рис. 2.13. Щільність імовірностей найважливіших розподілів при використанні техніки моделювання

Різні функції розподілу одержують за допомогою:

- виміру інтервалів між подіями, наступного зображення на гістограмах і можливого опису на підставі математичної функції (інтегральна сума частоти);

- визначення функцій розподілу в реальності.

Функції розподілу описують за допомогою:

- середнього значення (потрібно дуже точно);
- стандартного відхилення (потрібно точно);
- форми кривої розподілу (має бути відомою приблизно).

Випадкові події при моделюванні (наприклад, час прибуття вантажних автомобілів на навантажувальну платформу) формують за

допомогою генератора (псевдо) випадкових чисел. Отримані в такий спосіб величини мають відношення до розподільної функції тільки в тому випадку, якщо вони були отримані в достатній кількості. В іншому випадку це може призвести до неправильних результатів моделювання.

2.4.2.4. Мови моделювання.

При розгляді мов моделювання можна робити розходження в техніці моделювання між такими мовами:

- мовами програмування;
- мовами імітації;
- орієнтованими на застосування системами моделювання (рис. 2.14).

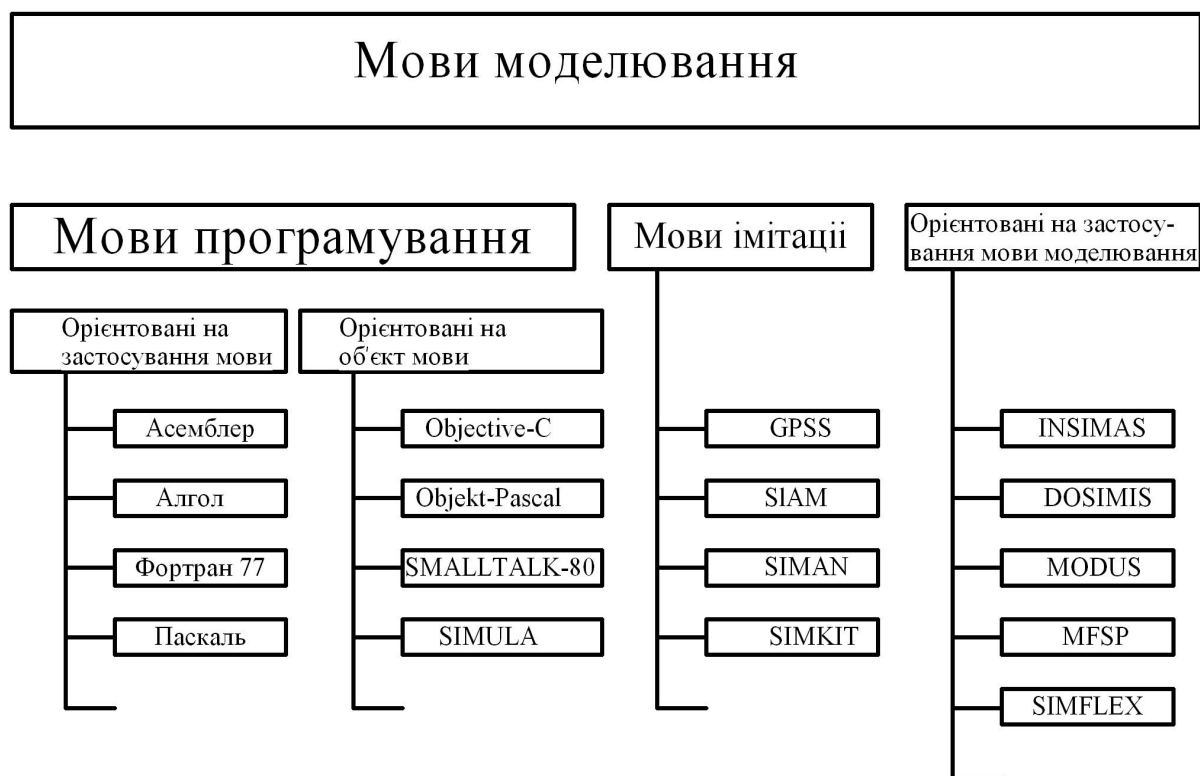


Рис. 2.14. Мови моделювання техніки імітації із прикладами

У той час як у минулому використовували орієнтовані на застосування мови (ASSEMBLER, ALGOL, FORTRAN 77, Pascal), у цей час використовують переважно орієнтовані на об'єкт мови програмування. Технічні системи можна сприймати у вигляді кількості елементів і, відповідно, об'єктів (машини, системи керування, транспортні системи, одиниці вантажу та ін.), що взаємодіють з іншими елементами або об'єктами (транспортні

засоби, маніпулятори та ін.). Структура реальних систем відображається в ідеї орієнтованого на об'єкт програмування.

Мови моделювання, що включають характеристики орієнтованих на розпорядження мов програмування, мають додаткові елементи мови:

- команди для систем керування хронометражу;
- генератори (псевдо) випадкових чисел;
- елементи для опису паралельних процесів.

З орієнтованих на розпорядження мов програмування в *орієнтовані на застосування системи моделювання* формують потужні мовні елементи для спеціальних випадків застосування, за допомогою яких значною мірою підвищується комфорт програмування.

Недолік орієнтованих на застосування систем моделювання полягає в тому, що тут користувач одержує враження, що він без будь-яких пізнань у сфері програмування може робити дослідження в сфері моделювання.

Системи моделювання спеціально для проблем матеріальних потоків набули нещодавно великого розвитку. Як приклад тут можна привести такі системи моделювання: DOSIMIS, MODUS, MFSP, INSIMAS і SIMFLEX [2, 3].

2.4.3. Здійснення дослідження моделювання

Оцінка інтерпретації результату (фаза 10 у табл. 2.2) є для користувача техніки імітації важливим пунктом при дослідженні імітації, тому що на цьому етапі можна зробити конкретні висновки із проведеного дослідження. Із цієї причини цей пункт надалі буде розглянутий більш докладно.

На підставі постановки завдання й поставленої мети необхідно сформулювати спеціальні критерії оцінки, що ставляться до різних елементів системи.

Дані для критеріїв оцінки можна запозичити в динамічному перебігу часу експериментів моделювання. Для кожного елемента, що враховується, зображують стани моделі в кожний момент часу періоду дослідження в так званих часових (динамічних) рядах (графічне зображення зміни стану елемента залежно від часу в системі координат).

Таблиця 2.2 – Спосіб дії при дослідженні моделювання, що набув поширення в техніці моделювання

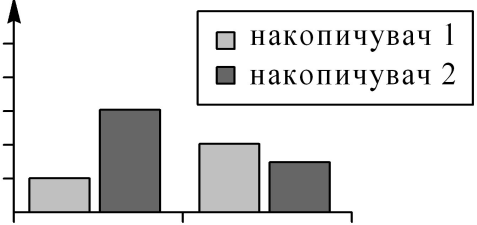
Фаза 1	Аналіз процесу	Визначення оточення досліджуваної системи (розмежування, інтерфейси). Визначення граничних (крайових) умов, опис проблеми, збір даних і документації
Фаза 2	Модель процесу	Визначення типу моделі (безперервна, дискретна). Опис моделі (елементи, перебіг) у вербальній формі із графічними зображеннями (курси руху, топологія)
Фаза 3	Структура процесу	Опис характеристик і функцій елементів процесу; зображення їх взаємозв'язку один з одним
Фаза 4	Правила процесу	Складання правил, згідно з якими відбувається перебіг процесу в моделі (надходження, обробка, доступ, правила розподілу, пропускну здатність, зняття заборони, правила виходу)
Фаза 5	Збір даних і підготовка	Реєстрація даних і підготовка програмування на придатні для машинного читання носіях. Утворення класів, середніх величин, статичних тестів і опис завантаження системи
Фаза 6	Програмування системи	Проект і програмування моделі; тестування окремих частин програми на формальну й логічну вірогідність. Загальна перевірка з усіма компонентами; перевірка точності зображення
Фаза 7	Спробна ініціалізація	Визначення з урахуванням даних вихідного стану, з якого має починатися моделювання (сценарій)
Фаза 8	Спробне планування	Визначення тривалості й кількості ходів моделювання, визначення способу дії для зміни параметрів при розрахунку варіантів
Фаза 9	Перебіг моделювання	Проведення розрахунків моделювання, реєстрація й зберігання даних результатів; спостереження за перебігом
Фаза 10	Застосування й інтерпретація результатів	Опис залежності, виявлення заходів за зміною, знаходження оптимальних рішень; зображення закономірностей

Завдяки цьому можна зробити дуже детальну оцінку моделювання. Для зображення великих загальних результатів моделювання із всіх варіантів моделювання необхідно виконати оцінку у формі:

- лінійних діаграм;
- гістограм (стовпчастих діаграм);
- кругових діаграм;
- діаграм втрат.

Порівняння всіх перерахованих у такий спосіб результатів дозволяє потім зробити висновки про впливи параметрів на скінченну величину. У табл. 2.3 наведено різні приклади можливостей зображення.

Таблиця 2.3 – Приклади зображення результатів експериментів моделювання

Лінійна діаграма	Гістограма (стовпчаста діаграма)
<p>завантаженість буферної ємності (одиниці вантажу)</p>  <p>час моделювання</p>	<p>обсяг накопичувача (одиниці вантажу)</p>  <p>стратегія А стратегія Б</p>
Кругова діаграма	Діаграма втрат
 <p>ступінь завантаженості автоматичного підлогового транспортного засобу</p>	 <p>завантаження вузлових точок 32 за годину</p> <p>завантаження вузлових точок 32 за годину</p>

2.4.4. Основна концепція моделювання матеріального потоку

Структура імітаційних моделей цілеспрямовано орієнтується на рівні, що мають ієрархічну будову логістичних систем: адміністрування, розташування, керування й операція (рис. 2.15).



Рис. 2.15. Принципова будова логістичних систем та імітаційних моделей

Рівні адміністрування, розташування й керування наведено в рівнях логістики.

Завдання цих рівнів будови можна описати у такий спосіб.

– *Адміністрація* описує навколишнє середовище системи матеріального потоку (завантаження системи) і визначає інтерфейси. Вона визначає крайові умови фізичного та логічного перебігу, формує опис завантаження (транспортні замовлення), збирає й аналізує результати досліджень моделювання за рахунок використання статистики. На адміністративному рівні описують правила, згідно з якими може змінюватися завантаження системи.

– *Розміщення* керує замовленнями й технічними робочими засобами матеріального потоку (транспортні засоби, допоміжні транспортні засоби, накопичувачі, склади, персонал). При дотриманні попередньо заданих критеріїв оптимізації приймаються рішення з розподілу замовлень і засобів виробництва, зокрема, з максимального завантаження виробничих потужностей, мінімальних відстаней порожнього пробігу, мінімальної кількості транспортних засобів або забезпечення точного складу терміналів для замовлень.

– *Система керування* стежить за потоком елементів і, відповідно, об'єктів через мережу системи матеріального потоку. За допомогою методу керування (зокрема, блок-діляниці, керування заїздом та ін.) і стратегії рішення конфліктів (перший прийшов – перший вийшов, право переважного проїзду та ін.) необхідно забезпечити по можливості безперебійний потік при мінімальних втратах часу в результаті очікування внаслідок скупчення. У стратегії керування необхідно робити розмежування між мережною й модульною стратегією. У модульній стратегії використовується тільки локальна інформація модуля (стрілка, перехрестя) для рішення конфліктів, у той час як у мережній стратегії виробляється обробка (глобальної) інформації з багатьох модулів (наприклад, зайнятість наступної буферної ділянки).

– *Операція* являє собою рівень засобів матеріального потоку, пристроїв і установок, навантажувальних засобів, (Layout) розміщення (площа, простір), елементи й, відповідно, об'єкти (матеріал) і персонал. Вона відображає фізичну структуру системи матеріального потоку. У точках реєстрації інформації в мережі фізична структура поєднується з логічною структурою процесів виникнення рівнів керування, розміщення й адміністрування.

Кожний із цих рівнів оформлення можна, у свою чергу, розкласти на окремі модулі, об'єднання яких описує структуру й рух матеріального потоку та відповідної системи потоку інформації.

2.4.5. Сфери застосування

Відносно застосування імітації й крайових умов, що мають тут особливе значення, можна сформулювати кілька корисних правил.

Моделювання завжди є прийнятним допоміжним засобом планування в тому випадку, якщо:

1) мають розуміння відносно взаємодії великої кількості елементів системи й, відповідно, побажають вивчити її закономірності;

2) не буде існувати ніяких формульованих математичним способом і, відповідно, розв'язуваних закономірностей (наприклад, рівняння руху для переходів між різними станами системи);

3) для вимог, що висуваються, до системи ззовні, існують статистичні або тільки якісні описи;

4) для реакції системи на вимоги існують тільки статистичні або якісні описи;

5) властивості (характеристика) системи, наприклад, з метою визначення параметрів елементів системи повинні спостерігатися протягом тривалого часу (черги).

Якщо система матеріального потоку досліджується за допомогою техніки моделювання, то в такому випадку одержують чотири можливих випадки застосування (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Можлива продуктивність при використанні моделювання

Випа- док	Система	Завантаження системи	Продуктивність моделювання
1	Задано	Задано	Функціональність техніки й організація системи
2	Не задано (змiна технічних можливостей)	Задано	Визначення технічних і організаційних варіантів для підйомно-транспортного устаткування, складського устаткування, розбивки на ділянки, стратегії підприємства та ін.
3	Задано	Не задано (змiна крайових умов)	Межі продуктивності
4	Не задано	Не задано	Загальноприйняті вислови про типові структури системи. Фундаментальні дослідження
	Варіанти технічних можливостей і крайових умов		

По-перше, система може сама задавати і тим самим бути відомою, по-друге, може ще бути попередньо заданою, тобто перебувати в стадії планування. Те саме справедливо відносно

завантаження системи. Якщо система попередньо не задана, то в такому випадку варіюють у рамках моделювання технічними можливостями системи матеріального потоку. За відсутності попередньо заданого завантаження системи роблять видозміну крайових умов. У табл. 2.4 показано різні можливості продуктивності при використанні моделювання, що впливають залежно від чотирьох випадків застосування. На практиці часто виникають питання відносно випадків 2 і 3. У випадку 1 використання моделювання є суперечливим, тому що занадто пізно використовується в часовому відношенні. У випадку 4 результат моделювання може становити тільки загальновживані вислови, тому що точні задані величини для системи або завантаження системи відсутні.

Постановки завдання при моделюванні систем матеріального потоку відносно їх типу характеризуються за допомогою рівнів проектування так, як це показано на рис. 2.15 (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Постановка завдання при моделюванні систем матеріального потоку і логістики залежно від чотирьох рівнів проектування

Сфери застосування моделювання в логістиці й потоках матеріалів	
1	2
Рівень адміністрації	Рівень розташування
Надання впливу на завантаження системи: – джерело; – одержувач; Обмеження продуктивності Оформлення замовлень	Керування станами в мережах Стратегія для – мінімізації використовуваних засобів виробництва; – оптимізації маршрутів; – рівномірного завантаження; – послідовності. Перешкоди (несправності) і правила надмірності
Рівень керування – мережа	Рівень керування – модуль
Автономні підсистеми: – складські запаси; – зона комісіонування (комплектування); – мережа доріг для: ● автоматичних засобів підлогового транспорту; ● кругових ліній сортування	Стратегія модулів: – правила переважного проїзду; – транспортні правила; – правила надходження й зайнятості; – правила волі й правила передачі; – правила часу обробки; – правила продуктивності;

Продовження табл. 2.5

1	2
Обмеження кількості транспортних засобів в автономних підсистемах для запобігання:	Модулі:
– скупченню;	– блок-дільниці;
– вузьким місцям;	•
– блокуванню (Deadlock = мертвих крапок);	•
Правила проходження в автономних підсистемах:	– стрілки;
– правила порушень;	– перехрестя;
– правила надмірності;	– підйомники
– правила сортування (послідовності рядів)	•
	•
	•

Щодо якості й можливості передачі результатів моделювання, імітація може бути такою ж гарною, як і точність зображення віртуальної або існуючої реальності. Кожний користувач повинен знати, що абстракцій часто не можна уникнути та це може призвести до неточних або до не інтерпретованих результатів. Із цієї причини складений наступний каталог – практично у вигляді контрольного переліку речей, які необхідно перевірити або обміркувати.

- Моделювання являє собою неповне зображення реальності.
- Наявних у розпорядженні даних рідко буває достатньо.
- Результати моделювання не допускається ніколи приймати в не рефлексованому вигляді (бездумно). Комп'ютером керує людина.
- Завжди виникає питання, чи зможе дійсно програма ЕОМ забезпечити описану продуктивність. У випадку 1 і 3 (згідно з рис. 2.19) є шанс, що імітаційну модель можна буде перевірити за допомогою фактичного стану реальної системи матеріального потоку. Цей процес у техніці моделювання називають *валідація*.
- Моделювання в більшості випадків є лише експериментом вибіркового проб. Необхідно завжди перевірити ще раз, чи були досягнуті результати, отримані також і з погляду надійності статистики. Щоб забезпечити реальну роботу, необхідно досить часто або досить довго моделювати.
- Моделювання постійно потребує високих витрат на придбання даних порівняно з іншими допоміжними засобами планування.
- Теорія імовірності й статистики є інструментами, які варто використовувати з необхідним ступенем компетентності.

– Результати можуть повністю інтерпретувати тільки системний аналітик (плановий працівник) і експерт з моделювання спільно.

– Експерименти з моделювання можуть практично розтягуватися на будь-який строк, рекомендується обмеження для експериментування із затвердженим бюджетом і точні терміни.

На рис. 2.16 як приклад зображені найважливіші дані й інформація, які необхідно увести в імітаційну модель, щоб забезпечити належне моделювання із придатними для використання результатами.



Рис. 2.16. Зразкові вхідні дані в імітаційній моделі

Приклад моделювання. Типовий приклад, що виправдовує моделювання, являє собою визначення оптимальної кількості автоматичних засобів підлогового транспорту (підйомно-транспортного устаткування) у системі матеріального потоку. Ця постановка завдання відносно процесу планування транспортних засобів включає дуже багато варіантів обчислення, які будуються на закорінілому

формалізмі. Із цієї причини саме й пропонується використовувати обчислювальні машини.

До початку вивчення системи в обчислювальну машину вводять типові дані системи матеріального потоку. Сюди належать матриця транспорту, матриця шляхів, час перебування, дані транспортного засобу, розташування маршруту руху і відповідних стратегій розміщення.

Відносно зміни кількості використовуваних транспортних засобів користувач знайде безліч важливих даних, щоб на їх основі визначити оптимальну кількість транспортних засобів (рис. 2.17).

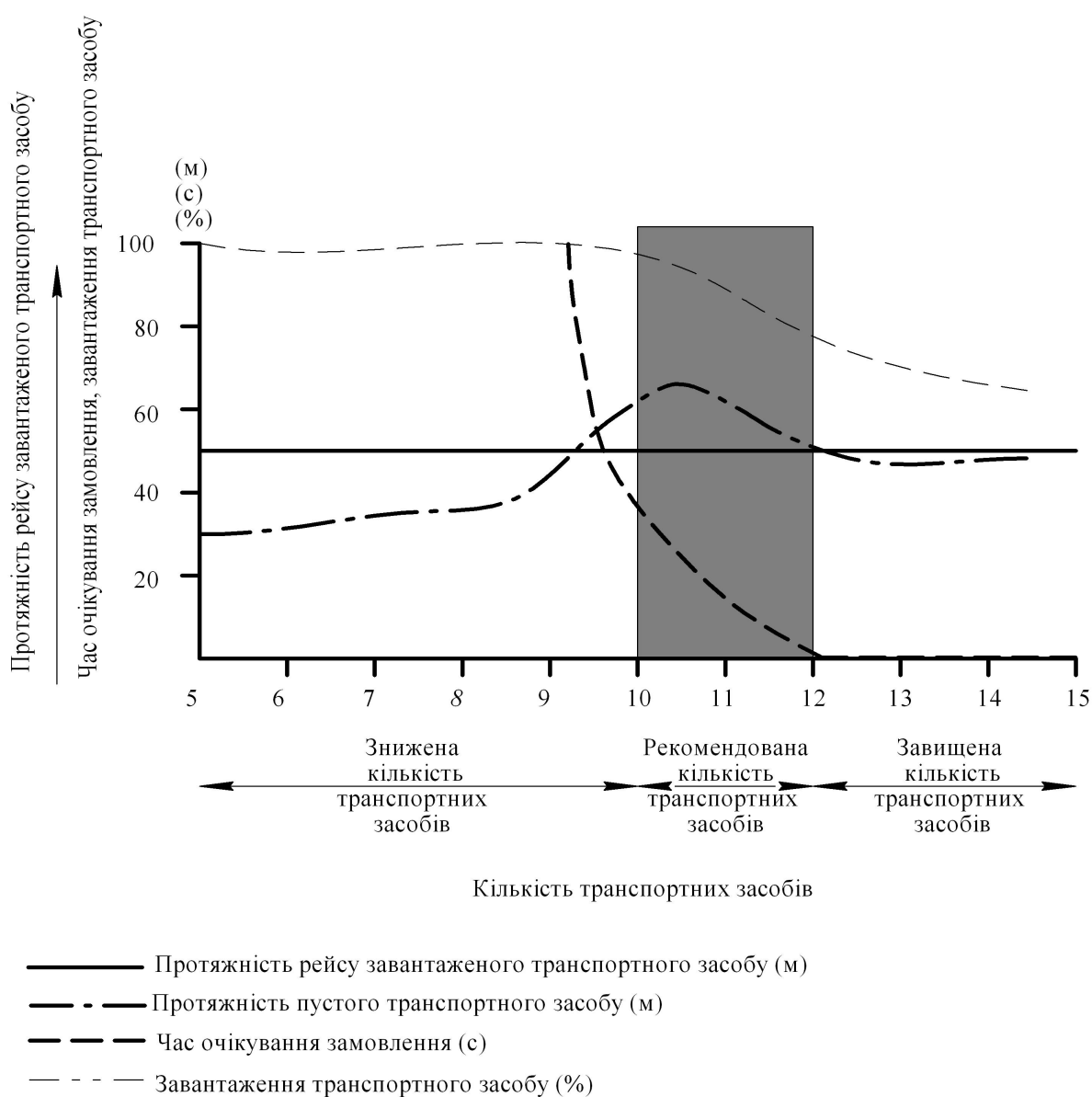


Рис. 2.17. Зразковий результат вивчення моделювання для визначення кількості транспортних засобів

До результатів моделювання належать, по-перше, довжина рейсу вантажного транспортного засобу. Вона за кількістю використаних транспортних засобів є постійною, тому що у всіх випадках обсяг транспортованого матеріалу є однаковим. За допомогою кількості транспортних засобів можна видозмінювати тільки довжину порожнього пробігу. При всіх постановках завдань цього типу крива довжини порожнього пробігу проявляє завжди хід, що подібний, показаному на рис. 2.17.

У цьому прикладі термін очікування замовлення при кількості транспортних засобів менше 10 дуже великий. Однак за наявності більше дванадцяти транспортних засобів знижується їх завантаження, оскільки в цій області вже не виникає час очікування й кількість транспортних засобів можна позначити як завищену. Таким чином, моделювання рекомендує доцільну кількість від десяти до дванадцяти транспортних засобів. Зрозуміло, що за певних умов як альтернатива кількість транспортних засобів для цього можна визначити й аналітично.

Використання моделювання буде показано ще на одному прикладі. Тут у центрі перебуває придатна для використання не тільки в автоматизованому робочому місці, але й у персональному комп'ютері орієнтована на моделювання система DOSIMIS (Німецька програма планування) для планування систем матеріального потоку. У системі DOSIMIS можна відобразити всі ієрархічні рівні. Далі орієнтована на процес система моделювання DOSIMIS визначається тим, що вона записана орієнтованою на об'єкт мовою програмування SIMULA, і допускає як оцінюючі, так і порівняльні дослідження моделювання.

На рис. 2.18 показано, що модель зони багаторушного складу виведена на екран обчислювальної машини, для моделювання із двома проходами, у яких працює відповідно один стелажний штабелер. Цю систему матеріального потоку необхідно аналізувати з метою визначення, чи зможе вона при заданих граничних умовах сприймати й видавати необхідну продуктивність. Крім того, при цьому необхідно також перевірити, чи достатньо ємності розрахованих параметрів накопичувального пристрою, і чи зможе система керування забезпечити безперебійний потік матеріалу. Поряд із цим становить також інтерес, чи можна хаотично перевозити ємності, тобто у будь-якій послідовності.

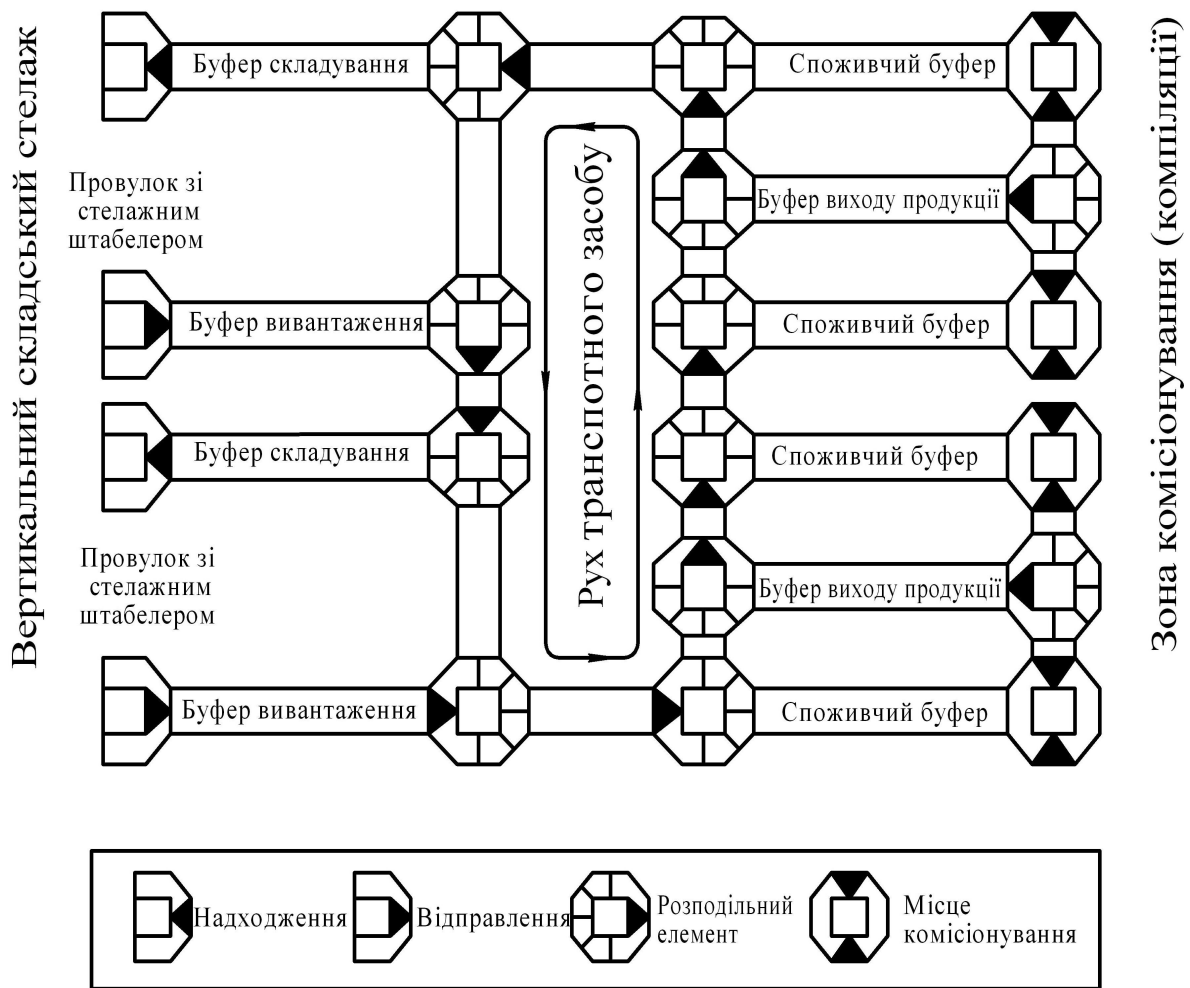


Рис. 2.18. Зразкове розташування для дослідження системи матеріального потоку за допомогою моделювання

Система матеріального потоку виконана в такий спосіб. У приймальному пункті складу розташовані чотири пункти комплектування (комісіонування), взаємозалежні між собою за допомогою підйомно-транспортного устаткування, що здійснює круговий рух, зі складською системою транспортування. Після вивантаження з багаторусного складу ємності подаються в пункт комплектації, що призначений для замовлень. Перед кожним пунктом комплектації розташований буфер для забезпечення потреб. Звідти ємності підводять у пункти комісіонування, при цьому комплектуваний товар виходить із попередньо заданої системи матеріального потоку. Ушкоджені ємності подаються в приймальний накопичувач біля пункту комплектування, щоб знову надійти на зберігання в багаторусний склад. Кожні два пункти комплектування мають один загальний приймальний накопичувач. Між складськими проходами й круговим

контуром транспортування передбачені накопичувачі для прийняття на склад і відправлення зі складу.

При дослідженні варіантів моделей, які відповідають стану планування, виникає так званий тупик (мертва зона), тому що циркуляційний контур транспортних засобів після проходження певного часу повністю заповнюється, та з цієї причини подача тарних одиниць припиняється. Отже, тупик або мертва зона означає, що подача транспортованого матеріалу, повністю припинилася, система матеріального потоку повністю вийшла з ладу. Також і будь-який час очікування не завершує цей стан. Збільшення параметрів буфера також не приводить до поліпшення. Були видозмінені всі варіанти з використанням накопичувачів різної ємності у навантаженні системи, що виникло випадково, однак постійно завжди виникала мертва зона в якій-небудь момент часу моделювання.

Заходи в галузі техніки автоматичного керування, які будуть спрямовані на дослідження інших видів модулювання, повинні запобігати повному заповненню транспортного засобу. Керування матеріальним потоком, що використовується в системі моделювання, виконують тепер так, щоб завжди було вільним місце для ємності в системі циркуляції транспортного засобу для забезпечення в будь-який час завантаження й вивантаження системи циркуляції транспортного засобу, а також щоб при завантаженні в накопичувальну ділянку ємності були можливість переважного переміщення в системі циркуляції транспортного засобу.

Цей варіант моделі також є тупиковими, щоправда, відрізняється від першого. Система циркуляції транспортних засобів заповнюється до найостаннішого вільного місця, однак буфер потреб й склад зайняті. Таким чином, циркулюючі транспортні засоби для пунктів комплектації не можуть вивантажуватися. Хоча матеріал і переміщається, однак ємності постійно переміщаються по колу. Зміна розмірів накопичувача і навантаження системи, що виникло випадково, знову не приведуть до рішення й, таким чином, тільки до зсуву стану тупика (мертвої зони).

Обидва виникнення тупика можна пояснити обставиною, що в результаті випадкового постачання пунктів для комплектування, навантаження із часом постійно зростають і можуть тільки повільно знижуватися. Зрозуміло, збільшення накопичувача знижує ймовірність виникнення тупика, однак повністю його не виключає. Поряд

із цим великі накопичувачі потребують значного збільшення витрат. Вживання заходів у системі керування також не забезпечують необхідної дії, як це показали експерименти з моделювання.

Отже, рішення проблеми необхідно забезпечити за рахунок інших способів дії. Занадто велике підвищення навантаження як причину виникнення мертвої зони можна забезпечити, наприклад, за рахунок обмеження кількості ємностей до максимуму або за рахунок створення постійних величин партій при вивантаженні.

Обидва зазначені заходи мають, як підтверджують експерименти з моделювання, необхідну дію. У той час як вивантаження за певними розмірами партій на практиці можна здійснити тільки з деякими труднощами, оскільки можливості пунктів комплектації дуже розрізняються й постійно змінюються, обмеження кількості ємностей являє собою практичну вихідну установку.

На підставі експериментів з моделювання при різних розмірах буферів було визначено оптимальну граничну кількість ємностей, тому з цих результатів можна вивести мінімальні розміри буферів, що забезпечать необхідну пропускну здатність установки з урахуванням необхідних резервів.

2.4.6. Тенденції розвитку

Моделювання є сферою, що у майбутньому набуде ще більшого значення, й у результаті цього воно зазнає постійних змін і вдосконалень. Нижче будуть описані всі важливі й орієнтовані на майбутнє тенденції розвитку техніки моделювання. Тут же в деяких часткових галузях були реалізовані багатообіцяючі перші ознаки, так що здійснення цих концепцій моделювання з великим ступенем імовірності буде втілено на практиці.

Моделювання як система налагодження керуючого програмного забезпечення. Керуюче програмне забезпечення для автоматичних систем матеріальних потоків у цей час складають тільки на підставі технічних завдань, які спільно визначають користувач і фахівець із планування. Помилки в програмуванні й непорозуміння, що призводять до помилкової специфікації програмування, часто розпізнають тільки після реалізації в готову установку. Затримки, що виникають в такому випадку, при передачі системи й внесення необхідних виправлень потребує великих витрат.

За допомогою моделювання стало можливим перевірити програмне забезпечення ще до реалізації й у такий спосіб усунути зазначені проблем. Система моделювання використовується при цьому для імітації реального процесу. Вона генерує залежно від заходів щодо керування відповідні сигнали процесу й дозволяє розпізнавати помилкові функції логіки керування й усувати їх до того, як виникнуть небажані наслідки. Процеси в (модельованій) реальній системі можна, крім того, поживавити графічним способом, у результаті чого з'являється ще одна можливість (візуальної) перевірки функціональної здатності. Як приклад цих тематичних галузей можна привести програмування промислових роботів Off-Line або керування цілими фабричними установками.

Інтегрований проект і тест керуючого програмного забезпечення за допомогою моделювання. Описаний спосіб дії при складанні керуючого програмного забезпечення для автоматизованих систем матеріального потоку можна вдосконалити таким чином, що вже на стадії проектування логіки керування можна використовувати імітаційну модель. В ідеальному випадку передбачене керування імітаційної моделі повторно використовувати як логіку керування для реальної системи. Таким чином, запобігають багаторазовому повторенню робіт, які необхідно виконати у взаємозв'язку з аналізом системи, як у рамках дослідження моделювання, так і для складання керуючого програмного забезпечення для реальної системи. Спочатку складена й використовувана для планування система моделювання розширюється до повноцінного пульта керування системи, що здійснює функції керування процесом і візуалізації (анімації). Таким чином, можна зробити внесок для подолання проблеми одноразового моделювання.

Система автоматизованого проектування (САПР) для введення моделі. Виходячи з рівня техніки стало можливо установити макети (Layout) систем матеріального потоку за допомогою техніки САПР (див. підрозділ 2.3. Автоматизоване планування). Топологія проектування за допомогою САПР зображує графічне подання моделі системи. Напрошується висновок про те, що цю форму опису моделі можна використовувати для моделювання. Це означає, що креслення САПР утворить основу для введення топології системи

моделювання. Таким чином, можна запобігти зайвим робочим процесам, зокрема, дворазовим введенням макета спочатку в систему САПР і на закінчення – знову в систему моделювання. Спосіб дії полягає в тому, що із САПР файла відфільтровують інформацію, що утримується в зображенні, та утворюється значення для моделювання. Ще відсутні параметри моделі, які не можна одержати з геометрії макета (швидкість транспортування, дані замовлення, час обробки й т.д.), вони запитуються користувачем в екранному діалозі. Відповідно до цієї специфікації й визначень зі здійснення моделювання маємо в розпорядженні модель, придатну для використання.

Техніка опису стратегії. Багато моделюючих програм надають у розпорядження планового працівника стандарт для моделювання. При цьому попередньо визначають модулі й стратегії, які за модульним принципом перетворюють у модель для цієї системи. Зручність для користувача часто погіршується внаслідок того, що потрібні стратегії керування, які відсутні в стандарті програмі. Визначення комплексних, не стандартизованих стратегій проходження для імітаційних моделей становить, таким чином, проблему, рішення якої часто має основоположне значення для економічності дослідження моделювання. Деякі моделюючі програми дозволяють робити зображення додаткових стратегій через програмний інтерфейс, для застосування якого необхідно, зрозуміло, мати спеціальні знання про програму й використовувану мову програмування. У результаті цього застосування системи моделювання для планового фахівця (який, як правило, не є фахівцем в сфері програмування) обмежується значною мірою. У нових методах опису стратегій використовують із цієї причини загальноприйнятту й легко освоювану спеціальну техніку опису, зокрема, таблиці прийняття рішень або мережі Петрі [4; 5].

Автоматична оптимізація моделі. Моделювання в плануванні застосовується для оптимізації реальних (існуючих або реалізованих) систем. Процес оптимізації вимагає модифікації моделі реальної системи відносно топології, а також параметризації моделей і стратегій проходження. Майбутня мета техніки моделювання полягає в тому, щоб автоматизувати ці (як правило, евристичні) процеси оптимізації. Для цього насамперед необхідно:

– сформулювати прийнятні цільові функції або критерії оптимізації;

- знайти ефективні способи оптимізації для дискретних стохастичних процесів і, за необхідності, погодити їх для застосування;
- використовувати продуктивність розподілених обчислювальних систем, тому що автоматизовані процеси оптимізації зазначеного типу потребують дуже високих витрат на обчислення.

Автоматична оптимізація моделі дотепер була націлена тільки на параметризацію, тобто це означає, оптимізувати моделі й при цьому тільки в попередньо заданих межах можна змінювати певні параметри. Це завдання автоматичної оптимізації стратегій проходження на різних рівнях керування ще далеко не вирішене. Однак автоматизована варіація параметрів являє собою важливий крок для ефективного використання інструмента моделювання, з таких причин:

- дуже часте дослідження параметрів розглядається як завдання моделювання (визначення параметрів накопичувача, кількість транспортних засобів, швидкості та ін.);
- багато проблем стратегії зводяться до дослідження параметрів (граничні величини для використання альтернативних систем керування, розподілу одиниць вантажу або тарних одиниць, штучних товарів, підйомно-транспортного устаткування та ін., до пунктів прийняття рішень, головних факторів та ін.);
- ряд проблем можна сприймати або переформулювати як дослідження параметрів. Так, наприклад, можна зробити оптимізацію послідовності замовлень у тому випадку, якщо замовлення охарактеризовані на підставі прийнятних числових показників (наприклад, час проходження).

2.5. Експертні системи в плануванні

2.5.1. Завдання експертних систем

Із часом у штучному інтелекті викристалізувалися п'ять основних областей: розуміння природного, отже, людської мови; обробка зображень і розпізнавання образів; робототехніка; дедуктивні системи й спосіб логічного висновку (*Inferenzverfahren*); експертні системи (табл. 2.6). Останнє дотепер розглядали як часткову область *штучного інтелекту* (*KI – Kunstlichen Intellekt*). Така точка зору вже не буде справедливою для майбутнього значення експертних систем. Експертні системи як важливий напрямок розвитку штучного інтелекту

виступають сьогодні як самостійна дисципліна із чітким характером застосування.

Таблиця 2.6 – Розвиток і використання зі сфери наукових досліджень штучного інтелекту

Штучний інтелект (КІ)	
Розвиток зі сфери (наукових) досліджень КІ	Використання
Обробка природної мови	<ul style="list-style-type: none"> ● розуміти, аналізувати й обробляти людську мову; ● більш легке введення даних і комунікація за допомогою природної мови через інтерфейс
Обробка зображення й розпізнання зразка	<ul style="list-style-type: none"> ● оцінка змістів зображення подібно оку людини
Робототехніка	<ul style="list-style-type: none"> ● розвиток автономних роботів із гнучким змістом праці, самостійністю й здатністю до навчання
Дедуктивні системи/спосіб логічного висновку	<ul style="list-style-type: none"> ● доказ математичних пропозицій за допомогою обчислювальної машини; ● імітація способу мислення людини; ● верифікація систем програмного забезпечення
Експертні системи	<ul style="list-style-type: none"> ● знаходження професійно класифікованих рішень завдань за допомогою обчислювальних систем; ● підготовка професійної компетенції на експертному рівні

Навряд чи інший термін в комп'ютерній техніці останнім часом завоював таке поширення, як експертні системи. Однак при цьому в навикишньому середовищі штучного інтелекту (роботи зі знаннями комп'ютерів останнього покоління) виникла нерівновага між вимогами й очікуваннями, з одного боку, і діловою інформацією, а також інстальованими системами, з іншого.

Постановка завдання перед експертними системами є моделюванням професійних знань експертів, імітуванням їх способів дії при рішенні завдань. Для пояснення може послужити порівняння між довідниками та звичайними програмами. У довідниках мова йде про пасивне професійне знання. Завжди потрібен читач, що

направити на відповідне завдання отримані з книги знання. Відомі дотепер комп'ютерні програми мають порівняно із цим характер інструмента або ж пасивного знання (база даних). Знання в цьому взаємозв'язку зображується тільки пасивно, тому що воно не відтворює спосіб дії експерта, а тільки знання й, відповідно, його частину, що необхідна експертові для рішення завдання. Навпроти, експертні системи повинні самостійно вивести рішення з опису завдання за допомогою свого накопиченого знання – за необхідності, з використанням додаткового питання відносно інших деталей.

2.5.2. Методика експертних систем

Відмітною ознакою експертних систем є відділення знання про проблемну область, з одного боку, і стратегій рішення проблеми, з іншого. При цьому впливають три істотних вимоги, що мають відповідати експертним системам:

- правильне і повне рішення завдання;
- пояснення рішення і шляхи рішення;
- розширюваність.

Розширюваність експертної системи можна здійснити за допомогою модуляризації (модульного виконання) знання проблеми й відділення від стратегії рішення. Як приклад може послужити ремонт настільної лампи, що не світить. Знання проблеми описують за допомогою взаємозв'язків такої форми.

«Якщо не протікає струм, настільна лампа не світить».

«Якщо штекер не буде вставлений у розетку, струм не буде протікати».

Стратегія рішення проблеми складається з відстеження залежностей і знаходження можливих причин, за необхідності, розпитування фактів, наприклад, «вставлений штекер у розетку?». Розширення можна зробити просто, якщо в систему будуть внесені додаткові взаємозв'язки, зокрема, що струм також не протікає при вимкненому або несправному вимикачі, розриві кабелю та ін.

Порівняння із *загальноприйнятими програмами* наведено на рис. 2.19. Загальноприйняті програми побудовані при використанні безлічі алгоритмів, що оперують даними. Типовими ознаками цих алгоритмів є їх комплексна *контрольна структура*, що складається із програмних інструкцій, як наприклад, послідовності, відгалужень і підпрограм. Дії, що впливають із модулів програми, є відносно простими. Для випадку, коли загальноприйняту програму необхідно

розширити, необхідно в обов'язковому порядку знати складну контрольну структуру.

В *експертних системах* принцип точно зворотний. Тут програмні інструкції відповідають принципово стратегії рішень, контрольна структура яких дуже просто побудована. Однак дії, що впливають зі знання програми (репрезентація знання), є дуже складними. До того часу, поки це знання проблеми буде структуроване й побудоване з модулів (див. пункт 2.5.5. Подання знання), розширення бази знання експертних систем буде простим. Це обґрунтовано тим, що на противагу загальноприйнятим програмам розширення не впливають на контрольну структуру стратегії рішень.

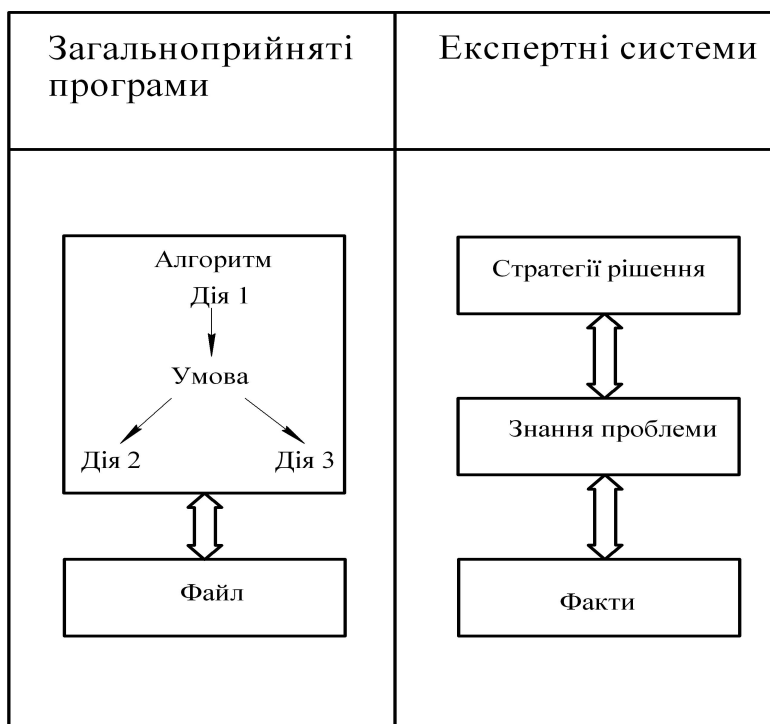


Рис. 2.19. Загальноприйняті програми порівняно з експертними системами

Для постановки завдань, у яких будуть застосовуватися експертні системи, ухвалену проблему можна, у принципі, вирішити за допомогою поширеної програми. Однак особливість експертних систем полягає в тому, що програми відповідають швидше й ефективніше порівняно з тим, як це має місце у загальновживаних програмах. По-друге, експертні системи можуть без проблем і, можливо, ефективніше розширювати знову виниклі знання.

Пояснення шляху рішення досягається за допомогою того, що стратегія рішення експертних систем записує й видає за запитом окремі кроки походження з використаними при цьому одиницями знання. В описаному вище прикладі це може виглядати в такий спосіб.

«Настільна лампа не світить, тому що штекер не вставлений у розетку, і тому не протікає струм».

Це в остаточному підсумку вже більше не являє собою зворотне перемотування проходження програми, однак, через близьке до проблеми формулювання одиниць знання цей вид пояснення буває в більшості випадків достатнім для сприйняття шляху рішення. Більш глибокі пояснення – наприклад, чому настільна лампа світить тільки за наявності струму – не можуть подаватися в такий спосіб (див. пункт 2.5.6. Проведення, застосування й розробка експертних систем).

Важливим пунктом є вимога *правильного рішення проблеми*. Як правило, навіть експерти не можуть дати гарантії абсолютно правильного рішення. В інших випадках навіть не існує можливості точно визначити поняття *правильне рішення*.

Описаний поділ знання проблеми й стратегії рішення може сприйматися, у тому числі, і в історичному розвитку технології експертних систем. Спочатку виходять із загального художньо-інтелектуального дослідження осіб, які ставили роботу в так звану вирішальну проблему.

Центр уваги однозначно був спрямований при цьому на розвиток техніки, що дозволяло робити відточені висновки. Так, одну багатогранну проблему особа при мінімальних знаннях вирішує за допомогою логічного слідкувального пристрою, наприклад, оволодіння грою в шахи тільки на підставі знання правил гри. Якщо звернути увагу на те, що при цьому не слід очікувати досягнення якого-небудь прогресу в напрямку рішення комплексних проблем, то новий девіз полягав у тому, щоб у систему вводилося якнайбільше знання про проблему.

Дотепер прагнуть забезпечити систематизацію способу дії: так, згідно з проблемою можна використовувати в експертних системах, типізувати й розташувати їх за трьома класами: селекція, будова (структура) і моделювання, так як це показано у табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Систематика проблемних класів

Класи проблем					
селекція			будова		моделювання
інтерпретація	діагностика	спостереження	планування	дизайн	прогноз

При цьому *селекція* означає вибір рішення з постійно заданої кількості рішень (наприклад, кількості відомих хвороб). Будова – це складене рішення з невеликих окремих модулів (наприклад, складання плану дій з окремих акцій). Моделювання (імітування) включає виведення можливих майбутніх висновків з попередньо заданого вихідного стану (наприклад, прогнозування несправностей або збоїв).

Мета такої систематики полягає в тому, щоб задану проблему приєднати до одного з можливих проблемних класів селекції, побудови й моделювання і потім, на закінчення, до проблемного класу приєднати стратегію рішення, а до стратегії рішення – певне подання знань (див. пункт 2.5.5. Подання знань).

2.5.3. Застосування експертних систем

З факту, що експертна система повинна моделювати спосіб дії експерта, впливають два висновки.

1. Рішення проблеми не існує в алгоритмічному ряді етапів рішення, які складаються, по суті, із числових операцій обчислень і порівнянь (наприклад, статистичні розрахунки). У цьому випадку необхідно використовувати загальноприйняті програми (наприклад, при статистичних розрахунках).

2. Повинен бути присутнім хоча б один експерт, що зможе принципово вирішити проблему.

Експерт повинен мати здібності, особливо оцінювати свою власну компетентність, оглядати граничні області, використовувати активну комунікацію, а також здобувати більш глибоке розуміння проблеми. Все це являє собою характеристики, відсутні в експертній системі. Із цієї причини, якщо мати на увазі довгострокову перспективу, вони не зможуть замінити експерта, а тільки служать для розвантаження експерта від рішення рутинних завдань у вигляді довідкової та консультаційної системи для пере-

вірки повноти рішень і т.д. Зроблені експертною системою рішення в тому випадку, якщо висновок про здійснення дії призводить до потенційно негативного наслідку, повинні завжди попередньо перевірятися компетентною й відповідальною особою.

Відносно класу завдань (див. пункт 2.5.2. Методика експертних систем) діє обмеження, що в сфері моделювання навряд чи, а в сфері будови (структури) використовується тільки невелика кількість систем, що перебувають у стадії розробки, й, відповідно, до цього в розпорядженні є тільки незначний досвід. Конкретно це означає, що дуже важко зробити оцінку завдань дизайну (проектування) і планування. Трохи по-іншому виглядає положення в сфері селекції (відбору), тому що завдання діагностики контролю можна, як правило, вирішити більш просто. Уже існуючі інструменти й допоміжні засоби підтримують будову експертних систем цього типу.

Важлива вимога до проблемної області експертної системи полягає в тому, щоб вона не була занадто великою і була розмежована від загальної ерудиції або кругозору. Це стосується, наприклад, діагностики несправностей передач автомобілів, але не до аналізу фірм у змісті управлінського консультування. Зображення занадто великих сфер знань в експертній системі є проблематичним у зв'язку з тим, що для пов'язаних з ними труднощів відносно принципу модульної побудови, консистенції й обслуговування ще не існує дозрілих процедурних знань. Обробка загальної ерудиції (кругозору) і взаємозалежних із цим виключень і багатозначності (наприклад, птах літає, пінгвін не літає) є предметом актуального дослідження і застосовується тільки у виняткових випадках.

При використанні або впровадженні експертних систем існує поряд із рішенням проблеми ще й стратегічний аспект наробітку знань проблеми. Побудова бази знань змушує здійснювати систематичний спосіб дії та змушує експерта обмірковувати процес рішення й не рідко приводить до нових знань. Одержують документацію загального професійного знання і наявний у розпорядженні досвід.

2.5.4. Будова експертних систем

Покладена в експертну систему структура більш докладно пояснюється на рис. 2.20. Експертна система складається із двох

основних компонентів, із системи автоматичного керування (внутрішній) і специфічної для використання бази знань (зовнішній).

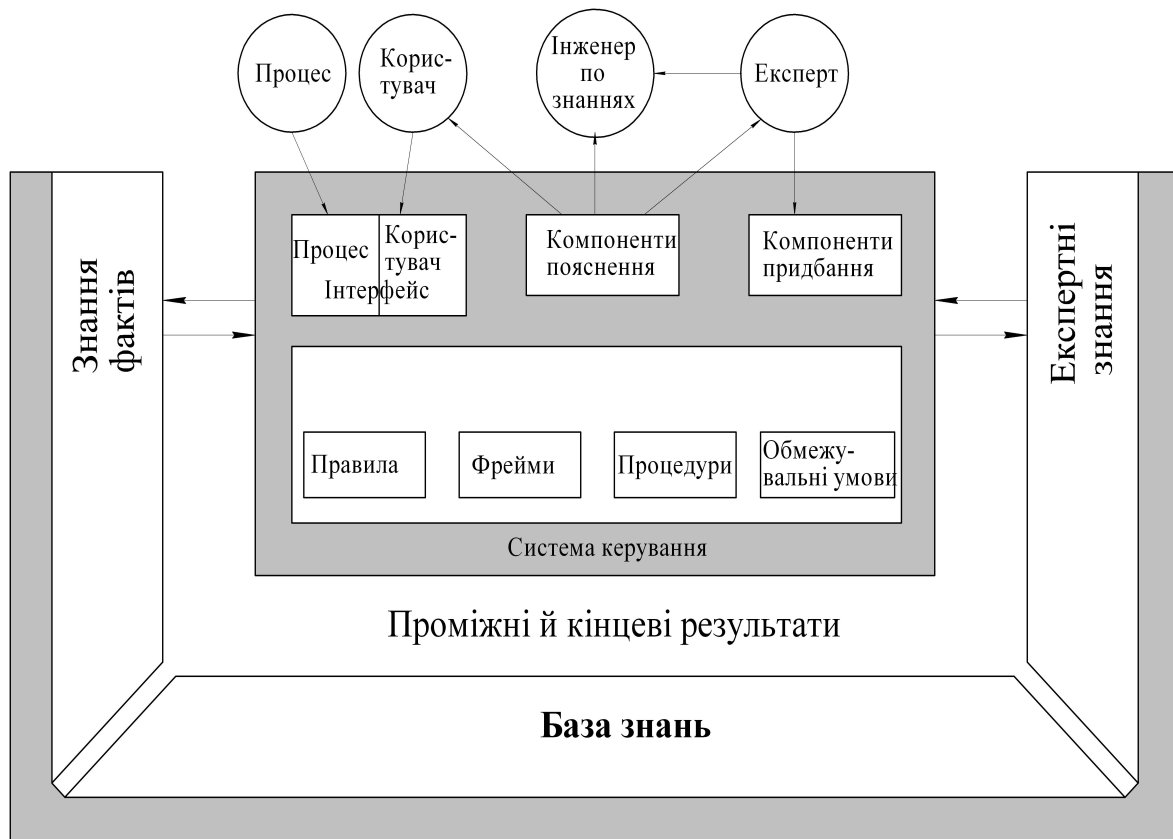


Рис. 2.20. Архітектура експертних систем

Базу знань можна розділити на 3 компоненти:

– *Специфічні для області експертні знання.*

Тут викладено знання, евристику та досвід експерта з його спеціальної області. Ці знання не залежать від конкретного викладу завдання (консультація) і описують загальний спосіб дії, що використовує експерт.

– *Специфічне для певного випадку знання фактів*

Воно включає вихідну ситуацію комбінації та релевантні характеристики, до яких повинна звертатися експертна система для рішення спеціального завдання.

– *Проміжні й кінцеві результати (виведене знання)*

Тут викладені гіпотези, які експертна система формує тільки під час консультації. Тут мова йде як про допоміжні дані й проміжні результати, так і про кінцевий результат процесу вирішення завдання.

Систему керування можна підрозділити на інтерфейс процесу, інтерфейс користувача, компонент пояснення, на компоненти придбання знань і компоненти рішення завдання.

Інтерфейс користувача служить для взаємодії з користувачами. Тому характеристики діалогу повинні бути спрямовані на цільову групу (наприклад, використання технічних креслень, професійних роздруківок та ін.).

За умови, що експертна система підключена до інших обчислювальних машин або до технічних процесів, передбачений *інтерфейс процесу*. Тут мова йде, як правило, про доступ до даних у комп'ютері для керування технологічним процесом або запити до даних банку (наприклад, замовлення клієнтів, складські запаси й т.д.). Такий інтерфейс є, як правило, специфічним для користувача й, відповідно, його необхідно спеціально програмувати.

До завдання *компонентів пояснення* входить забезпечення прозорості характеристики рішення завдання. Це служить, по-перше, для повторного огляду рішень, але поряд із цим також і для більш високого визнання з боку користувача. Такі пояснення відіграють важливу роль також і при розширенні системи для можливого пошуку помилок або непослідовності.

Компоненти знання передбачені для розширення спеціального для галузі експертного знання й не передбачені у всіх системах. Вони повинні забезпечувати розширення бази знання без передумови докладного знання програмування системи. Таким чином, в ідеальному випадку користувач може сам розширити сферу застосування експертної системи. Однак це виглядає, як правило, таким чином, що так звані фахові інженери роблять у співробітництві з експертами складання й догляд за базою знань (див. пункт 2.6.6. Впровадження, експлуатація й розробка експертних систем, табл. 2.8).

Компонент рішення завдання містить стратегію рішення, що розглядалася в пункті 2.5.2. Методика експертних систем (правила, фрейми, процедури, застереження) так званих мов подання знань, циклового програмного керування й управління взаємодії з інтерфейсними процесами.

2.5.5. Подання знань

Завдання подання знань являє собою формальне зображення знання, що необхідно в експертній системі. Це означає розробку

придатних мов програмування, які відкладають знання в спеціальній структурі даних і продовжують подальшу обробку в комп'ютері за допомогою робочих механізмів. У мовах подання знань основний фокус полягає в адекватному перетворенні використаного експертами рівня опису у формальну, зрозумілу для комп'ютера форму. У табл. 2.8 наведено важливі формалізми подання знань та їх типові сфери застосування, а також мови, які переважно пропонують для цієї форми подання знань. Важливі формалізми зображують правила, фрейми, процедури й застереження.

Таблиця 2.8 – Важливі формалізми подання знань та їх застосування

Подання знань	Застосування для	Типові мови
Правила	Евристичного знання Асоціативного знання	OPS5
Фрейми	Структурного знання	SMALLTALK-80
Процедури	Знання про способи дії й поводження об'єкта	LISP
Застереження	Знання про відносини	PROLOG

Для пояснення формалізмів подання знань тут як приклад приводяться експертні системи, засновані на правилах програмування. Із цієї форми програмування випливають засновані суто на правилах експертні системи, що складаються з трьох частин:

- бази правил;
- бази даних;
- системи керування (машина виводу).

База правил (вона відповідає спеціальним для галузі експертним знанням, див. рис. 2.20) включає безліч правил, які разом описують знання експертів. Правило складається з умови, а також послідовності й відношення «if – then» (Wenn-Dann-Beziehung). База даних (специфічна для випадку знання фактів, див. рис. 2.20) містить безліч фактів, які описують стан процесу рішення.

Обробка координується за допомогою системи керування, що виражена передусім компонентами рішення завдання згідно з рис. 2.20. Вона протікає відповідно до циклу, зображеного на рис. 2.21.



Рис. 2.21. Взаємозв'язок усередині системи, заснованої на експертних правилах

Отже, у першу чергу вибирають використовувані правила за допомогою механізму керування. Правило застосовується в тому випадку, якщо задоволено його орган керування відповідно до завантаження в базу даних. Використовувані правила розшукуються за допомогою системи керування відповідно до певних критеріїв вибору й виводяться для виконання. При цьому часто виникають нові факти, які приводять до зміни бази даних. Це означає, що були додані або вилучені нові факти. Однак можуть відбуватися також і акції, зокрема, видача результату користувачеві або переривання процесу після з'ясування рішення.

Правила придатні для програмування експертних систем, тому що за їх допомогою можна сформулювати взаємозв'язки як причинного, так і евристичного характеру в межах проблемної області. Експерти часто використовують щось подібне до правил опису для своїх знань. Крім гарного розуміння такий тип програмування забезпечує необхідний поділ знань проблеми й

стратегії рішення відповідно до пункту 2.5.2. Методика експертних систем. Останнє реалізується єдино й тільки за допомогою системи керування.

Описана модель виводить нове із фактів, що вже є в наявності. Вона оперує даними і, відповідно, спрямована прямо. Інший спосіб роботи виникає в тому випадку, якщо правила оцінюють у зворотному напрямку. Для цього експертній системі, заснованій на правилах, ставлять запитання, яке називається також гіпотезою. Після цього перевіряється, чи може бути гіпотеза вже верифікована на основі фактів з бази даних. Інакше підбираються такі правила, які послідовно верифікують гіпотезу.

Умови цих правил сприймають як нову проміжну гіпотезу, й цикл починається знову доти, доки на поставлене запитання буде дана відповідь на підставі використання правил за допомогою бази даних, або буде послана негативна відповідь.

Така зворотна оцінка часто використовується в системах діагностики, в яких описуються відношення причина-симптом (наприклад, у тому випадку, якщо вийшла з ладу система надлишкового тиску й клапан розірвав труби), запит системі, однак пояснення симптому вимагають зробити на підставі можливої причини (яка несправність існує при розриві труби?).

2.5.6. Впровадження, експлуатація й розробка експертних систем

У той час як раніше експертні системи застосовували тільки на спеціальних обчислювальних машинах, сьогодні їх можна використовувати на автоматизованому робочому місці та в обмеженому обсязі на персональних комп'ютерах у прийнятній формі. Останнім часом для персональних комп'ютерів стали пропонувати додаткові карти, що містять додатковий процесор, за допомогою якого персональний комп'ютер можна розширити до потужності обчислювальної машини для експертних систем. Таким чином, можна буде вирішити питання інтегрування в існуюче оточення електронної обробки даних, тому що робочі станції та персональні комп'ютери дедалі більшою мірою використовуються для обробки даних і пропонуються інтерфейсні рішення й, відповідно, найближчим часом будуть доступними.

Експертні системи яляють собою спеціальне забезпечення, що залежно від постановки завдання взаємозалежно з відповідними витратами на розробку. Велика перевага експертних систем, а саме – пристосування до нових рішень, що змінюються потребує, відповідних витрат на обслуговування. Дослідно-конструкторські роботи й витрати на обслуговування у зв'язку з недостатнім досвідом використання відпрацьованих систем важко оцінити.

Поряд з *об'єктивною* якістю такі фактори як, зокрема, здатність до роз'яснення, нечутливість до уведення похибок і помилкових даних і т.д. визначають якість використання експертної системи. Однак при можливому аналізі коефіцієнта корисної дії необхідно також урахувати побічні ефекти, зокрема, розвантаження співробітників, доступність і розширення експертних знань, подання обґрунтованих рішень, а також вплив систематичної підготовки знань на розуміння проблеми, визначення неефективності й джерел похибок і несправностей.

Розробка експертних систем відрізняється від способу дії, що орієнтований на існуючі методи розробки програмного забезпечення. Це залежить, по-перше, від відсутності дотепер досвіду, що передбачає наявність великої, можливо формальної специфікації постановки завдання й концепції системи. Однак в експертних системах це зробити неможливо часто через нечітко розмежовану й проблемну сферу, що змінюється. З іншого боку, для альтернативної методики не існує ані розробок програмного забезпечення, ані досвіду й обґрунтованих баз.

Із цієї причини розробка експертних систем створюється за принципом швидкого отримання дослідних зразків (прототипів) «Rapid Prototyping». Це означає, що спочатку виготовляють базову (кореневу) систему, на якій можна вивчити слабкі й сильні сторони обраної ескізної схеми. На підставі цих дослідів виробляється повна реімплантанція, що потім можна поетапно розширювати.

На рис. 2.22 зображено етапи розробки відповідно до джерела [6]. Більша частка розробки вставляється в цикл удосконалення, в якому формулюється знання, розширюється база знань і форма якості рішення експертної системи.



Рис. 2.22. Етапи розвитку при складанні експертних систем

Співробітництво між експертом та інженером щодо знань показано на рис. 2.23.

Перед фаховим інженером поставлено завдання зі створення експертної системи та з визначення концептів (програм) для бази знань. Придбання знання, що часто називають *вузьким місцем* у сфері розробки експертних систем, включає дослідження різних джерел знання.

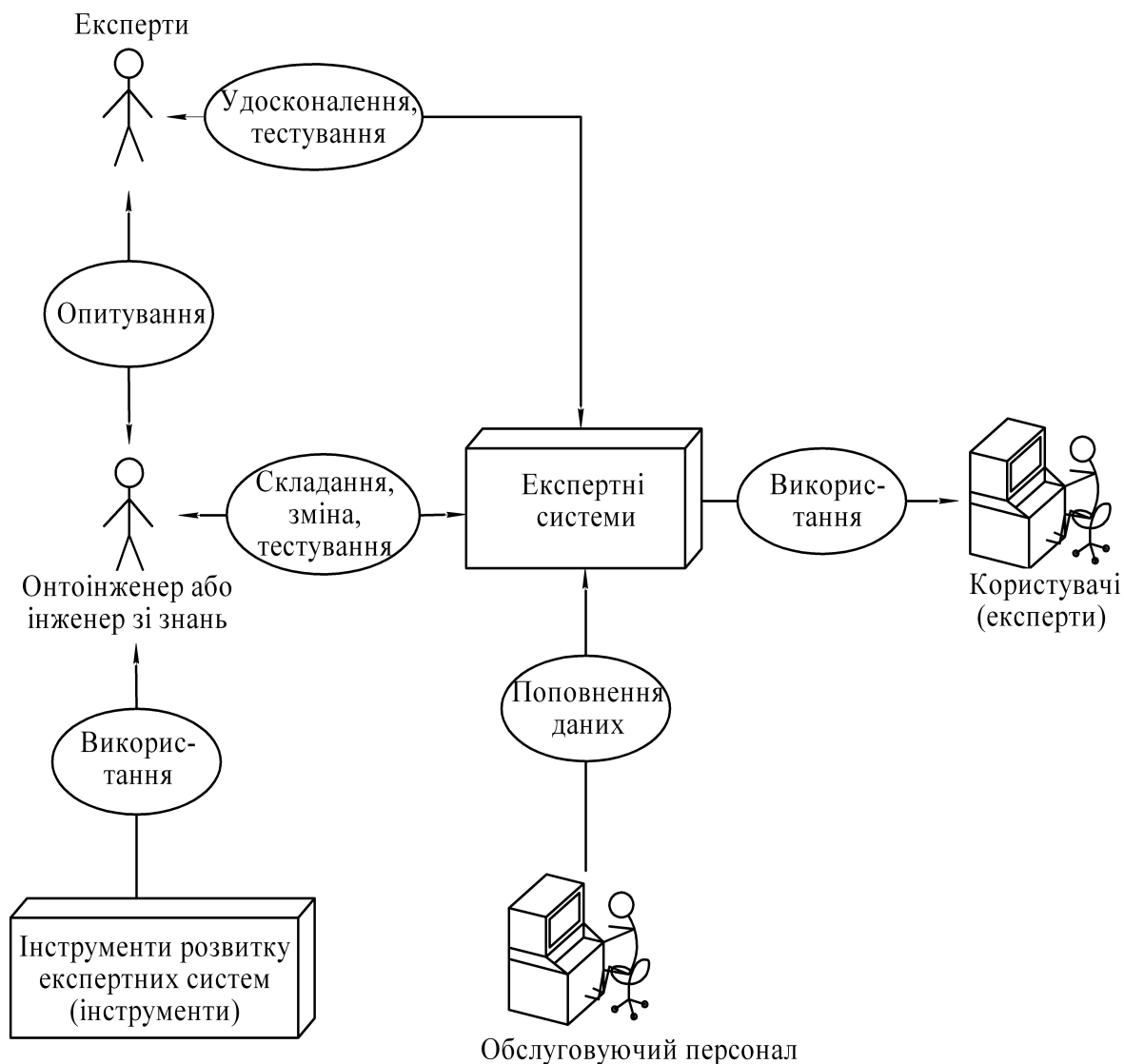


Рис. 2.23. Співробітництво при розробці експертних систем

Поряд зі спеціальною літературою, вивчення конкретних випадків та інших емпіричних даних, знання одного або декількох експертів відіграє важливу роль. Це справедливо відносно використання дослідів, але часто не усвідомлено визначення прикладних евристик. Для цього фаховий інженер повинен разом з експертом, якого він опитує, скласти формальний, розрахований на застосування опис, що має бути випробуваний в обчислювальній машині й за необхідності змінений. Також експерт перевіряє експертну систему вже під час фази розробки й удосконалив її в співробітництві з фаховим інженером. Фаховий інженер під час розробки має можливість ознайомитися з інструментами (tools) розробки експертної системи. За рахунок використання цих

інструментів він здобуває можливість самостійно робити власні інструменти й удосконалити базу знань. Це є передумовою для того, щоб пізніше можна було взяти на себе від обслуговуючого персоналу без деяких труднощів і догляд за системою, тобто, доповнювати дані.

Оцінка можливостей і границь експертних систем відносно важка. Експерт відрізняється від експертної системи, щонайменше, за рахунок:

- загальної ерудиції;
- здібності до комунікації;
- здібності вчитися;
- оцінки власної компетенції.

Ці пункти можуть бути взаємно підкріплювальними. Однак необхідно констатувати, що комп'ютери в доступному для огляду майбутньому зможуть тільки дуже обмеженою мірою мати можливість спілкуватися (природною живою мовою) і вчитися. Експертні системи володіють у цей час відносно якості рішень так званим *ефектом плато*, тобто в межах певної галузі вони забезпечують гарні рішення, у той час як на межі своєї компетенції їх продуктивність сильно знижується. Це становить небезпеку, особливо, тоді, коли користувач не може судити про те, чи перебуває завдання ще в межах компетенції чи ні й, відповідно, коли він не зможе оцінити якість рішення. Із цієї причини експертні системи придатні, насамперед, для застосування при рішенні рутинних завдань для розвантаження експерта та за його відсутності. Порівняно з людиною вони можуть володіти рядом переваг. Це стосується високої швидкості обчислення, довговічності їх знання й відтворення результатів, так що, наприклад, можна запобігати виникненню похибок у результаті перевтоми.

Актуальні центри уваги досліджень у сфері експертних систем утворюють, з одного боку, зображення загальної ерудиції та глибоких знань. Загальна ерудиція завдає разом із собою не тільки нових проблем під дією нових порядків величини обсягу знань. Вона ставить також частково не дозволені завдання, наприклад, при обробці виключень порівняно з припущенням (зокрема, птах літає, пінгвін не літає).

Зовсім інша тенденція розвитку проходить у напрямку нових інструментів, що полегшують складання експертних систем. Сюди належить, зокрема, наведена в пункті 2.5.2. Методика експертних

систем – класифікація стратегії рішення завдань і стосовне до них подання знань.

Далі проводяться роботи з розробки спеціальних інструментів розвитку експертних систем для певних завдань, зокрема, діагностики несправностей або похибок у технічних або медичних системах або при плануванні дій роботів. Мета полягає в створенні експертних систем не тільки у вигляді індивідуального дорогого програмного забезпечення, але й у забезпеченні можливості їх застосування за допомогою гранично можливих конфігурованих стандартних пакетів і, таким чином, створенні бази для більш широкого застосування цих нових технологій.

2.5.7. Приклади експертної системи для вибору транспортних комплексів

Вибір внутрішніх транспортних систем на підприємстві для спеціальних завдань транспортування й при різних крайових умовах становить завдання, що свідчить про необхідність використання експертної системи. За наявності такої проблематики необхідно враховувати безліч різних і можливих транспортних засобів з різними робочими характеристиками, а також з безліччю величин, отриманих дослідним шляхом. При виборі транспортних засобів потрібно враховувати виконання аналізу фактичного стану й погоджену із цим селекцію. Тому вона має типові ознаки діагностичної постановки завдання.

При плануванні необхідно брати до уваги такі визначення параметрів транспортної системи:

- характеристики матеріалу, що транспортується;
- характеристики продуктивності транспортного засобу;
- заплановані маршрути транспортування;
- потреба в персоналі;
- економічність транспортних засобів;
- приписи з техніки безпеки.

Спосіб дії при виборі системи транспортування в цей час, як правило, залежить від знання й досвіду планового працівника, якому доручили це завдання. Без придатних допоміжних засобів, які підтримують проходження вибору, завжди існує небезпека того, що не будуть враховані істотні моменти організації.

За допомогою експертної системи для вибору транспортних засобів плановий працівник при перегляді планування або новому плануванні виробничих підприємств або складів повинен спиратися на експертну систему, при цьому рутинні завдання при виборі знімаються. Інші постановки завдань, що мають бути отримані за допомогою цієї системи, це повне прийняття до уваги всіх необхідних для завдання транспортування транспортних засобів, передача знань менш досвідченим плановим працівникам, визначення обґрунтованого результату вибору, а також архівування рішення завдань планування.

Центром експертної системи є систематика транспортних засобів, у якій різні транспортні засоби розташовані відповідно до ієрархії залежно від різних характеристик системи. Ці характеристики становлять частину знань планового працівника. Знання, отримані в результаті досвіду й евристики, які дозволяють забезпечити плановому працівникові швидко досягати вибору, подано в експертних системах у вигляді правил «якщо – то». Ці правила структуровані в кількостях правил, що призначені, відповідно, одному транспортному засобу в систематиці (дерево-подібна ієрархія).

При консультуванні експертної системи спочатку ставлять цілий ряд вступних запитань за допомогою відповіді, на які виробляється перевірка так званих К.О. критеріїв «knockout». Це означає, що всі класи транспортних систем оцінюють із погляду їх придатності для завдань транспортування й перевіряють. За допомогою оглядових питань роблять запит про матеріал, що транспортується за запланованим маршрутом транспортування, умовами навколишнього середовища та ін.

Після цієї оцінки вибирають і обробляють кількість правил найбільш прийнятних класів транспортних засобів.

Цей процес повторюється доти, доки в систематиці вже більше не можна буде знайти ніякого вдосконалення для обраних транспортних засобів, і, таким чином, визначають найбільш придатний транспортний засіб (рис. 2.24).

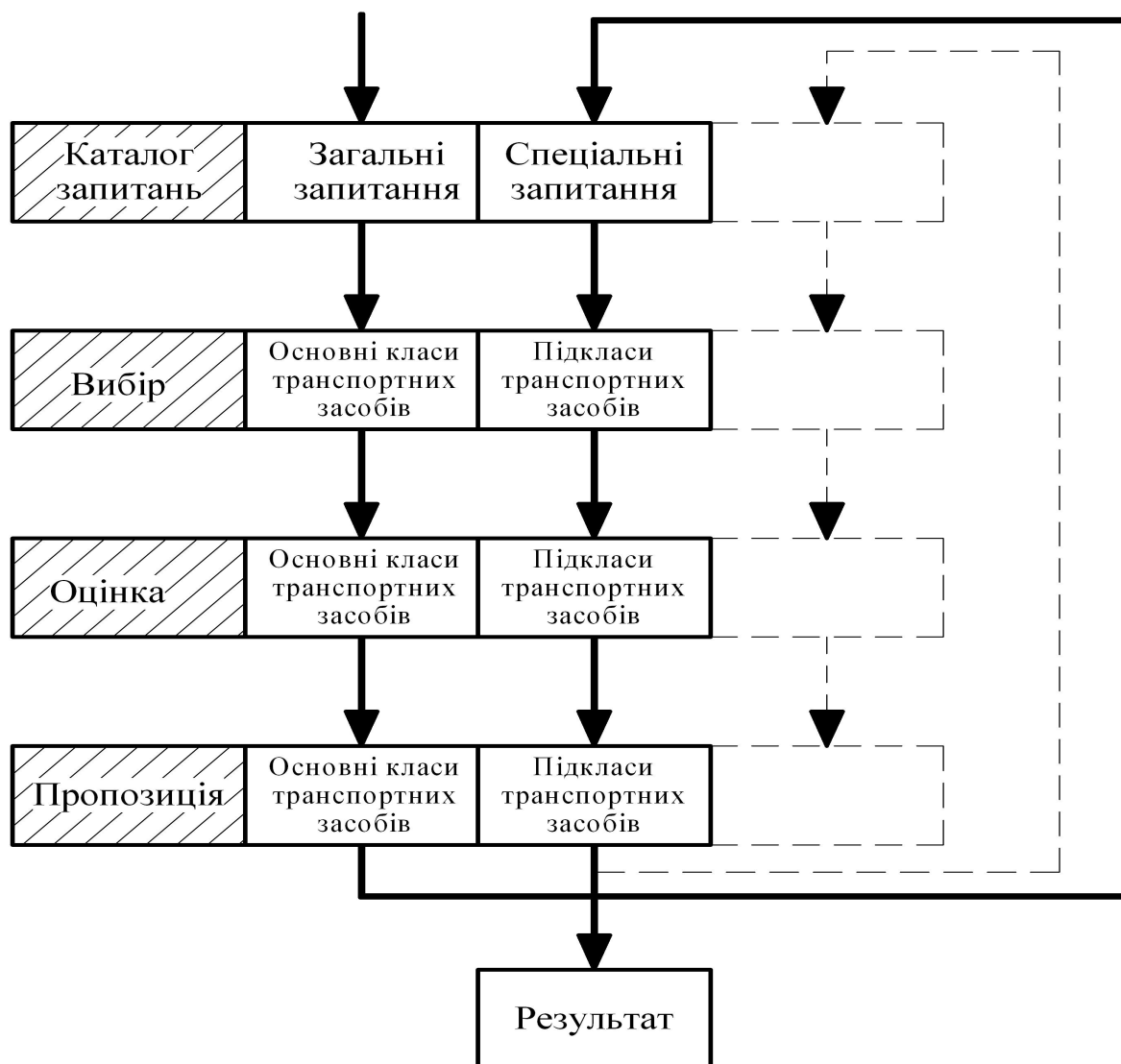


Рис. 2.24. Приклад способу дії при виборі транспортного засобу за допомогою експертної системи

При проектуванні площадки користувача необхідно звернути особливу увагу на бажання користувача, щоб у такий спосіб забезпечити безперешкодний і близький до завдання діалог користувача з експертною системою. Для цього пропонуються графічні поверхні вікна, якими можна керувати за допомогою маніпулятора «миша». Особливе значення в експертній системі має також компонент пояснення. З його допомогою можна зробити прозорим шлях рішення й миттєвий стан системи для користувача, у результаті чого йому за запитом видаються використані правила з фактами, а також транспортними засобами, які можна миттєво розглянути. Для того щоб забезпечити

додаткове розширення експертної системи, її необхідно інсталювати на персональному комп'ютері.

2.6. Стратегічне і поточне планування в логістиці

Одним із визначень логістики з повним правом може бути така концептуальна дефініція: логістика – це наука про системне планування й управління матеріальними, інформаційними (грошовими та ін.) потоками [7].

Концепція логістики припускає:

- > обов'язковість визначення стратегічних і тактичних цілей, а також їхню структуру, що здійснюється на базі вільного, але обґрунтованого вибору та закріплюється за допомогою внутрішньосистемного механізму діловодства й нормативно-правового забезпечення;

- > розробку стійкої політики, що включає сукупність стратегій і тактичних комплексів, які оптимізують процес досягнення відповідних цілей;

- > обов'язкову розробку альтернативних модулів, тобто взаємопогоджуваних варіантів одночасного рішення декількох завдань планування й керування. Ранжирування за ступенем ефективності. Вибір найкращого модуля. Визначення «віще-модулів», що страхують одержання намічених результатів;

- > використання підходів і методів, що забезпечують докладний, комплексний і доступний для всіх зацікавлених осіб аналіз стану об'єктів, суб'єктів і предметів розгляду в складних умовах і конкретних ситуаціях;

- > прагнути до максимальної вірогідності результатів діяльності;

- > наскрізний комплексний моніторинг і контроль, не тільки кінцевих, але й проміжних показників діяльності, що охоплюють без винятку весь ряд завдань з управління матеріальними (інформаційними, грошовими та ін.) потоками.

Розглянемо зміст деяких аспектів стратегічного й поточного логістичного планування.

До стратегічного належать логістичні проблеми й завдання, пов'язані з глобальними цілями підприємства (макрологістичної системи), орієнтованими на перспективу. Вони, як правило, зазнають пріоритетного впливу зовнішніх факторів (виявлення

нових ринків збуту, динамічність обсягів споживання, поява конкурентів та їх поведінка, кон'юнктура попиту, зміна мотивацій та ін.).

До поточного логістичного планування належать ті проблеми й завдання, що пов'язані із пріоритетним впливом внутрішніх факторів. Передусім це стосується зниження витрат у виробничо-господарській діяльності, але особливо в управлінні потоковими процесами.

Ще одним істотним елементом, що визначає розходження стратегічного й поточного логістичного планування, є часовий критерій. Стратегічні рішення можуть не обмежуватися часовими рамками за верхньою межею. Строки досягнення кінцевих результатів у реалізації корпоративної політики, звичайно, досить великі. Фіксація досягнень стратегічних вершин у логістиці здійснюється на основі співвідношення досягнутого ефекту й зазначених витрат, що направляються на досягнення довгострокових цілей.

Завдання виробничо-господарської діяльності логістичного характеру, що вирішуються відносно швидко в процесі управління матеріальними (інформаційними, грошовими та ін.) потоками і мають часовий період рішення, що зазнає поглибленого розгляду, можуть бути віднесені до поточного логістичного планування. Як правило, часовий період у цьому випадку не перевищує двох років і включає короткострокове (оперативне) і частково середньострокове планування (від 1 до 2 років).

Розходження в поточному й стратегічному логістичному плануванні вносять визначеність у поняття: економічний ефект і ефективність.

Якщо управлінські рішення пов'язані з одержанням показників, що виражаються конкретно, за виробничо-логістичним комплексом завдань, то мова йде про економічний ефект. Найчастіше в це поняття вкладається досягнення заздалегідь заданих «чисто» економічних параметрів, наприклад, прибутку, рентабельності, дивідендів та ін.

Це дає можливість застосовувати в логістичному плануванні методи, що містять статистичний інформаційний матеріал: нормативний метод, балансовий, індексний, факторний та інші.

Якщо ж управлінські рішення пов'язані з одержанням вигоди не тільки в чітко формалізованих показниках, але й в інших формах або припускають створення (збереження) сприятливих умов на певний період, то коректніше говорити про економічну ефективність.

Щоб точніше виразити економічну ефективність у стратегічному й оперативному плануванні іноді вдаються до неформальних методів. При цьому особливо популярні експертні оцінки незалежних фахівців, що припускають виявлення ціннісних критеріїв корпоративної філософії, культури, політики, поведіння, комплексу різномірних заходів або організаційних процедур у причинно-наслідковій формі.

На практиці досить поширеним способом визначення та поєднання економічного ефекту й економічної ефективності є метод «мозкової атаки». Його основним продуктом у стратегічному відношенні виступають прогнози, а в тактичному – програми діяльності на заданий період.

Цілі й завдання, висунуті при стратегічному логістичному плануванні, залежать від амбіцій (у змісті самооцінки), професійного спрямування й системи пріоритетів у виробничо-господарській діяльності.

Ними можуть бути, наприклад:

- монополізація, захоплення або просте освоєння певних секторів ринку;
- формування сприятливого іміджу підприємства або його продукції;
- формування умов для реалізації позитивних варіантів розвитку в перспективі;
- створення можливостей оптимального вибору й прийняття правильних рішень;
- комплексний науковий аналіз соціальних, економічних і науково-технічних процесів, а також макроекономічних тенденцій і закономірностей з метою оцінки причинно-наслідкових зв'язків у системі обумовлених обставин і прогнозу діалектики сформованих ситуацій;
- виявлення вузлових проблем господарського розвитку й розробка шляхів їх раціонального рішення;
- комплексне вдосконалювання діючої виробничо-логістичної системи з урахуванням адекватних змін у господарсько-економічній діяльності та ін.

Варто підкреслити, що прогнозування й стратегічне логістичне планування мають певні розходження. Основне полягає в тому, що прогнози мають суто попередній варіантний характер. Часовий період у прогнозах визначається умовними рамками. У зв'язку із цим, дані прогнозів, як правило, служать лише вихідним матеріалом для здійснення таких етапів:

- стратегічного планування, в якому пріоритет віддається формалізації цілей розвитку в обумовлені періоди;

- процесів оперативного планування, в яких на основі затвердженої системи цілепокладання в центрі уваги перебуває комплекс взаємопогоджуваних завдань тактичного характеру, що потребують рішення в конкретизовані часові відрізки.

Прогнози часто виражаються у вигляді загальнокорпоративної концепції в очікуваних умовах, що включає фундаментальні для діяльності суб'єкта господарювання стратегічні напрямки. Узагальнюючи, можна сказати, що прогнози вказують на ключові сфери, де життєво важлива конкретизація цілей і завдань для успішного розвитку або нормалізації виробничо-комерційних процесів підприємства. Вони допомагають вибрати найбільш прагматичну, з погляду суб'єкта, систему формалізації цілей і завдань, на основі якої потім здійснюється розробка, прийняття й реалізація стратегічних і поточних планів, а також окремих рішень.

Розглядаючи підходи стратегічного й поточного планування в сучасних умовах виробничо-логістичної діяльності, необхідно відзначити, що найбільшого поширення набули дві форми, які при одночасному застосуванні можуть дати максимальний (синергетичний) ефект:

- 1) адаптивне планування. Воно припускає такий розвиток логістичної структури, що допомагає їй швидко адаптуватися до умов, що змінюються, зовнішнього й внутрішнього порядку;

- 2) ситуаційне планування. Воно розраховано на нейтралізацію подій, які можуть перешкодити виконанню планів логістики.

Суть планування полягає в тому, щоб у результаті розробки ситуаційного плану були отримані відповіді на такі запитання:

- які наслідки можуть мати місце у випадку розвитку подій: не так, як очікувалося?

- за якими складовими і до якої міри буде потрібно коректувати цілі, стратегії й функціональні прояви (тактику,

поводження, інструментарій) логістичної системи у випадку непередбачених ситуацій?

– які заходи та на який термін варто підготувати і здійснити для реалізації ситуаційного логістичного плану?

– які існують надзвичайні обставини й критичні моменти, що обумовлюють необхідність здійснення ситуаційного логістичного плану відповідної системи й коректування вибраної корпоративної політики?

Єдність планування виробничих, комерційних і логістичних процесів можна розглянути на прикладі використання програмно-цільових підходів (методів).

По-перше, вони дозволяють у різні часові періоди, з урахуванням різних обставин, вирішувати різні завдання, але при цьому розробляти плани, орієнтовані на єдині загальнокорпоративні й стратегічні цілі.

По-друге, ці методи допомагають розробляти тематичні (спеціалізовані) програми, що поєднують цілі планів з наявними ресурсами логістичної системи й можливостями суб'єкта господарювання.

По-третє, програмно-цільові методи дозволяють повною мірою виявитися таким логістичним властивостям керування й планування поточкових процесів, як альтернативність, оптимальність, гнучкість, комплексність і своєчасність рішення завдань.

Переваги програмно-цільових методів у логістичному плануванні полягають у тому, що вони допомагають:

> переконливо обґрунтувати окремі цілі логістичного планового комплексу, розробити їх зміст, у тому числі ряд програмних показників, що характеризують проміжні й кінцеві результати;

> створити погоджений за всіма параметрами комплект пріоритетних (головних) і допоміжних (обслуговуючих) прогнозів, планів, проектів, тематичних програм і спеціалізованих міксів, що розкривають і поглиблюють конкретний зміст усього логістичного планового комплексу;

> розробити альтернативні варіанти реалізації логістичних планів і тематичних програм за строками, обсягами, засобами, якістю виконання й комплексом заходів з розрахунком балансу споживчих запитів і можливостей за кожним варіантом;

> здійснити оцінку ефективності за кожним варіантом логістичних планів і програм, погодити витрати, програмні показники й очікувані результати ефективності намічуваних дій;

> визначити алгоритм реалізації логістичних планів і програм із зазначенням відповідальних виконавців, установленням допусків з використання засобів і ресурсів, а також з виділенням строків завершення етапів, які можна піддати аналізу й контролю.

Розробка стратегічних планів або тематичних програм у логістиці починається з установлення кінцевої й проміжної цілей. Розташовуючи їх у певній послідовності, формують відповідну ієрархічну структуру, що одержала назву **«дерево цілей»**. Структура цілей (система цілепокладання) є основою для виділення складених логістичних оперативних планів і тактичних програм. Вони повинні у всіх аспектах комплексно охопити формальний зміст локальної логістичної концепції, що являє собою механізм здійснення корпоративної політики підприємства в цілому. Очевидно, що складені програми й плани реалізуються в різні часові періоди. У той же час їх причинно-наслідковий взаємозв'язок обумовлює безперервність досягнення головної корпоративної цілі, рішення основного завдання й виконання загальної логістичної стратегії.

Незважаючи на короткостроковість більшості логістичних тематично спрямованих програм, існують і такі, що супроводжують загальну логістичну стратегію протягом усього строку її реалізації. Наприклад, програма, що контролює функціонування підсистеми правового забезпечення.

Варто відзначити, що неподільні структурні компоненти логістичних тематичних програм, які забезпечують інтеграцію ресурсів, видів діяльності та керування за ознакою спільності їх цільового призначення і утворюють логістично закінчені об'єкти в рамках стратегії й відповідного плану, називаються *структурними елементами*. Іноді вони мають форму підпрограм. У зв'язку із цим одночасно з «деревом цілей» будується й **«дерево ресурсів»**.

Потрібно підкреслити, що альтернативні варіанти логістичних планів і тематичних програм розрізняються за структурою виділених елементів і спеціалізованих підпрограм.

Далі на рівні окремих елементів і підпрограм, незважаючи на їх організаційну та методологічну неподільність, відповідно до логістичного світогляду також виникає варіантність.

2.7. Роль логістики в управлінні процесами розробки проектів

Одним із найважливіших етапів і в той же час інструментів реалізації планів є цільові проекти. Виходячи з сутності, вони являють собою якийсь відповідно оформлений образ формалізованої цілі (підцілі). Створення цільових проектів припускає максимально повно врахувати вплив численних зовнішніх і внутрішніх факторів, оцінити їх вплив і в процесі виконання проектів знайти найбільш ефективний.

Будь-який проект в тій або іншій формі пов'язаний з управлінням потоковими процесами. Тому він обов'язково має виходити або, принаймні, враховувати логістичну методологію, що сьогодні є найбільш ефективним засобом регулювання діяльності людино-машинних систем. Здійснення більшості задумів, що втілюються у цільових проектах, на всьому протязі від ідеї до практичної реалізації об'єктивно стикається із суб'єктивними проявами людського мислення багатьох людей і різномірною виконавською діяльністю. У зв'язку із цим будь-яка погодженість або непогодженість у цьому процесі так чи інакше у майбутньому відіб'ється відповідно, тобто позитивно або негативно на його фактичній ефективності, надійності досягнення поставлених цілей і точності виконання заздалегідь намічених і погоджених показників. Розуміння й урахування цього простого, з теоретичної точки зору, але забутого часто або ігнорованого на практиці положення, особливо важливо в сфері безпосереднього управління потоковими процесами

На сьогоднішній день накопичено вже достатньо досвіду в управлінні розробкою відповідного алгоритму, перебігом виконання проекту, а також у підборі необхідних матеріальних/нематеріальних складових, необхідних і оптимальних у безлічі випадків. Наявні знання дають можливість із позицій логістичної концепції провести специфічне узагальнення й виробити деякі рекомендації з підвищення концентрованої віддачі процесів виконання проекту.

Роль логістики в управлінні процесами проекту підсилюється тим, що проведення системного аналізу є обов'язковою, а не рекомендаційною умовою. Цей аналіз необхідно починати з обґрунтування цілеспрямованих дій ще на етапі попереднього визначення завдань проекту, а потім продовжувати здійснювати паралельно з наступною конкретизацією та деталізацією цих завдань. Особлива увага має бути приділена розробці ринкових корпоративних концепцій у всіх взаємозалежних сферах менеджменту та функціональної діяльності. Наприклад, у сфері технологій і визначення динаміки обсягів збуту продукції, у ціновій політиці, у виборі способів оцінки й нейтралізації ризиків, у розробці асортиментної політики, у формуванні й удосконалюванні систем маркетингового й фізичного просування продукції на ринок і т.д. Це необхідно для того, щоб висновки, рекомендації та пропозиції, що втримуються в цільових проектах, були реальними, надійними й ефективними. Прогресивний логістичний досвід розробки проектів допомагає правильно підійти до цього процесу.

У загальному вигляді будь-який цілеспрямований проект у своїй структурі повинен відбивати щонайменше такі аспекти:

- 1) характеристику проектних рішень;
- 2) маркетинг;
- 3) логістику;
- 4) наявність потенційних ресурсів;
- 5) фінансування;
- 6) організаційну структуру управління проектом;
- 7) економічну й соціальну ефективність;
- 8) ризики (технічні, економічні, соціально-політичні та ін.);
- 9) висновки;
- 10) рекомендації, пропозиції.

Керуючись логістичною концепцією, *всі аспекти мають бути максимально інтегровані економічно й організаційно*. Тільки в цьому випадку можна чекати одержання синергетичного ефекту. Це положення позначається не тільки на характері розробки перерахованих аспектів проекту, але й визначає генезис локальних частин процесу проектування, наприклад: особливості формування логістичної системи; специфіку висновку договорів з метою реалізації проекту; форми контролю витрат; ступінь і умови мобілізації резервів; особливості роботи із джерелами інвестицій і багато чого іншого, що впливає на здійснення проектів.

Оцінка ефективності управління не тільки матеріальними, але й грошовими, енергетичними, інформаційними і трудовими потоками з позицій логістики є не просто питанням оптимізації цільових проектів, а питанням виживаності підприємства (мікрологістичної системи). Тому особливу увагу в процесі проектування необхідно звертати на взаємозв'язок різнорідних потоків і динамічність їх стану залежно один від одного.

Відповідно до логістичної концепції, визначення економічної ефективності цільових проектів має бути засноване на раціоналізації агрегованих показників, насамперед тих, які безпосередньо пов'язані з оптимізацією матеріальних, грошових та інформаційних потоків. При цьому увага не повинна обмежуватися лише оціненням норм прибутку й визначенням строків окупності. Більш прогресивним вважається одержання синергетичних проявів зміцнювального і розширювального корпоративного потенціалу через удосконалювання діючої логістичної системи.

Всі види оцінок економічної ефективності так чи інакше торкаються питання мінімізації передбачуваних витрат: матеріальних, грошових (капітальних, поточних), тимчасових, інтелектуальних та ін. Однак прагнення до мінімізації не має бути однобоким, відбиваючи бажання їх абсолютного зменшення, а повинне розглядатися з позицій відносності, стосовно до зростання все тієї ж синергетичної потужності, що генерується логістичною організацією менеджменту в певній корпоративній структурі.

Економічна незалежність товарних виробників (матеріальної продукції, послуг) потребує широкого спектра джерел фінансування. Передусім слід зазначити активне залучення позикових коштів. У зв'язку із цим актуальною проблемою при розробці проектів є мінімізація обсягів необхідних позикових сум при максимізації віддачі проекту у випадку його успішної реалізації, що спричиняє гарантії повернення шуканих коштів.

Принципово всі джерела фінансування можна звести до п'яти основних груп:

- 1) власні фінансові ресурси (прибуток, амортизація, мобілізація внутрішніх резервів та ін.);
- 2) позикові кошти (кредити, позички, застава та ін.);
- 3) іноземні інвестиції.

Ще одним важливим аспектом у процесі виконання проекту є ризики. У логістиці проблемі оцінення ризиків надається особливе значення.

Точне й всебічне оцінення ризиків дозволяє приймати правильні остаточні рішення з фінансування інтегрованих, але в той же час певно ідентифікованих складових, з одного боку, та щодо системи забезпечення проектів, з іншого. Від якості «роботи» з ризиками залежить ступінь упевненості в одержанні очікуваної економічної ефективності в цілому й конкретних показниках зокрема. Однак добитися високої якості такої «роботи» не просто. Імовірнісний характер виникнення ризиків потребує проведення глибокого техніко-економічного аналізу складних і прогнозованих ситуацій, а також відповідного моделювання процесів прямо відбитих у цільовому проекті, залежно від динаміки причинно-наслідкових подій.

У результаті техніко-економічного аналізу має бути визначена система критеріїв, дана оцінка ризиків, призначені відповідні пріоритети, проведені прогнози можливих результатів, установлені строки, позначені резерви. На основі цього розробляються захисні заходи, що погодяться між собою й зводяться в специфічні тематичні програми. З огляду на те, що ймовірність ризиків міняється залежно від обставин, потрібно при розрахунках використовувати економіко-математичні методи (математичної статистики, теорії ігор, теорії ймовірностей, імітаційного моделювання та ін.), що допоможуть оцінити імовірнісний характер, очікуваних у процесі реалізації проекту проміжних і кінцевих результатів, причому не тільки економічної, але й логістичної властивості.

2.8. Способи управління проектами: метод критичного шляху (CPM), сітковий графік (PERT)

Будь-який проект може складатися із сотень завдань і десятків залежностей між ними. Визначити найбільш важливі завдання може здатися недосяжною метою, а випущені з уваги дії можуть вплинути на весь проект. Іншими словами, це те завдання, виконання якого дійсно важливо для дотримання строків реалізації проекту.

Метод критичного шляху – спосіб управління проектами, створений в 1950-х роках, що дозволяє визначити ці важливі завдання й залишатися на обраному шляху протягом усього проекту. Почавшись

із використання нарисованих від руки діаграм і трансформувавшись в автоматизоване програмне забезпечення, метод критичного шляху став невід'ємною частиною процесу планування проекту.

Метод критичного шляху (CPM – Critrcal Path Method) – звід знань з управління проектами (PMBOK – Project Management Body of Knowledge) – визнаний міжнародним співтовариством набір процесів і сфер знань, що вважаються передовим підходом до менеджменту проектів, і в ньому критичним шляхом називається «послідовність запланованих заходів, що визначають тривалість проекту». Це найбільш довга послідовність завдань у плані проекту, яку необхідно виконати в строк для завершення проекту до необхідної дати. Якщо затримується виконання будь-якого завдання на критичному шляху, то весь проект буде виконаний із затримкою. Хоча багато проектів мають тільки один критичний шлях, деякі проекти можуть містити кілька критичних шляхів.

Метод критичного шляху – покрокова методика керування проектами для визначення дій на критичному шляху. У цьому підході до планування проект розбивається на кілька робочих завдань, що відображаються у вигляді блок-схеми, а потім обчислюється тривалість проекту на підставі оцінки тривалості кожного завдання. Він дозволяє визначити завдання, критичні відносно часу завершення проекту.

Використання методу критичного шляху в плануванні проектів почалося наприкінці 1950-х років із запуску двох одночасно, не пов'язаних один з одним проектів. Програма будівництва балістичних ракет флоту ВМС США (*Polaris*) відставала від графіка. Було потрібно вирішити цю проблему. Було запропоновано розділити проект на кілька тисяч завдань, подаючи кожне завдання у вигляді стрілки, з'єднати стрілки у відповідній послідовності, оцінити тривалість виконання кожного завдання і розрахувати тривалість проекту, а також ступінь критичності графіка кожного завдання.

Приблизно в той же час компанія *El DuPont de Nemours*, американський хімічний концерн, стикається із затримками під час реорганізації виробничих площадок заводу для випуску іншої продукції. Компанії була потрібна допомога, і запропонований вихід із ситуації був схожий на рішення питання за програмою *Polaris*.

Розроблювачі підходу до рішення проблеми із програмою *Polaris* назвали своє рішення «Метод оцінки й аналізу програм (PERT)», а метод рішення питання за *DuPont* називався «Метод кри-

тичного шляху (CPM)». Хоча ці методи подібні, у них використовуються різні способи оцінки тривалості завдань.

У методі PERT використовуються три різні оцінки часу для кожної тривалості завдання і визначається ймовірність завершення проекту до будь-якого заданого моменту часу. У підході до рішення проблеми DuPont використовувалася однократна тривалість кожного завдання. Питання було не тільки в часі виконання проекту, але й в аналізі додаткових витрат, які мали б місце у випадку зменшення тривалості проекту.

Мережна модель була застосована в США при створенні балістичних ракет «*Polaris*», призначених для оснащення атомних підводних човнів американського військово-морського флоту. У складному комплексі робіт при цьому брало участь понад 6000 фірм, роботи виконувалися на території 48 штатів Америки, а сітковий графік містив у собі понад 10 000 подій.

Сітковий графік

Будь-який намічений комплекс робіт, необхідних для досягнення деякої мети, називають проектом. Проект (або комплекс робіт) підрозділяється на окремі роботи. Кожна окрема робота, що входить у комплекс (проект), потребує витрат часу. Деякі роботи можуть виконуватися тільки в певному порядку. При виконанні комплексу робіт завжди можна виділити ряд подій, тобто підсумків якоїсь діяльності, що дозволяють розпочати виконання наступних робіт.

Якщо кожній події поставити у відповідність вершину графа, а кожній роботі – орієнтоване ребро, то вийде деякий граф. Він буде відбивати послідовність виконання окремих робіт і настання подій у єдиному комплексі. Якщо над ребрами проставити час, необхідний для завершення відповідної роботи, то вийде мережа. Зображення такої мережі називають *сітковим графіком*. Сітковий графік складається із двох типів основних елементів: робіт і подій. Робота являє собою виконання деякого заходу (наприклад, навантаження боєзапасу або перехід корабля в пункт базування). Цей елемент сіткового графіка пов'язаний з витратою часу і витратою ресурсів. Тому робота завжди має початок і кінець.

Крім того, кожна робота повинна мати визначення, що розкриває її зміст (наприклад, з'ясування бойового завдання, готування корабля до походу та ін.).

На сітковому графіку робота зображується стрілкою, над якою

проставляється її тривалість або затрачувані ресурси, або те й інше одночасно. Робота, що відбиває тільки залежність одного заходу від іншого, називається фіктивною роботою. Така робота має нульову тривалість (або нульова витрата ресурсів) і позначається пунктирною стрілкою.

Початкова й кінцева точки роботи, тобто початок і закінчення деякого заходу (наприклад, закінчення готування корабля до бою), називаються подіями. Отже, подія, на відміну від роботи, не є процесом і не супроводжується ніякими витратами часу або ресурсів.

Подія, що впливає безпосередньо за цією роботою, називається наступною подією стосовно розглянутої роботи. Подія, що безпосередньо передує розглянутій роботі, називається попередньою.

Найменування «попередній» і «наступний» належать також і до робіт. Кожна вхідна в цю подію робота вважається попередньою кожній вихідній роботі і навпаки, кожна вихідна робота вважається наступною для кожної вхідної.

З визначення відношень «попередній – наступний» випливають властивості сіткового графіка.

По-перше, жодна подія не може відбутися доти, доки не будуть закінчені всі вхідні в неї роботи. По-друге, жодна робота, що виходить із цієї події, не може початися доти, доки не відбудеться ця подія. І, нарешті, жодна наступна робота не може початися раніше, ніж будуть закінчені всі попередні їй.

Подія позначається кружком із цифрою усередині, що визначає його номер.

Із всіх подій, що входять у планований процес, можна виділити дві специфічних – події початку процесу, що одержало назву вихідної події, якій привласнюється нульовий номер, і подія кінця процесу (завершальна подія), якій привласнюється останній номер. Інші події нумеруються так, щоб номер попередньої події був менший від номера наступного.

Для нумерації подій застосовується такий спосіб. Викреслюються всі роботи, що виходять із події з номером «0», і проглядаються всі події, в яких закінчуються ці викреслені роботи. Серед переглянутих перебувають події, які не мають вхідних у них робіт (за винятком уже викреслених). Вони називаються *подіями першого рангу* й позначаються (взагалі у довільному порядку) числами натурального ряду, починаючи з одиниці (на рис. 2.25 це подія 1).

Потім викреслюються всі роботи, що виходять із подій першого

рангу, і серед них перебувають події, що не мають вхідних робіт (крім викреслених). Це – події другого рангу, які нумеруються наступними числами натурального ряду (наприклад, 2 і 3 на рис. 2.25). Проробивши таким способом $(k - 1)$ крок, визначають події $(k - 1)$ -го рангу і, переглядаючи події, у яких ці роботи закінчуються, вибирають події, що не мають жодної вхідної в них роботи (крім викреслених). Це події k -го рангу, і нумеруються вони послідовними числами натурального ряду, починаючи з найменшого, ще не використаного числа при попередній нумерації на $(k - 1)$ -му кроці.

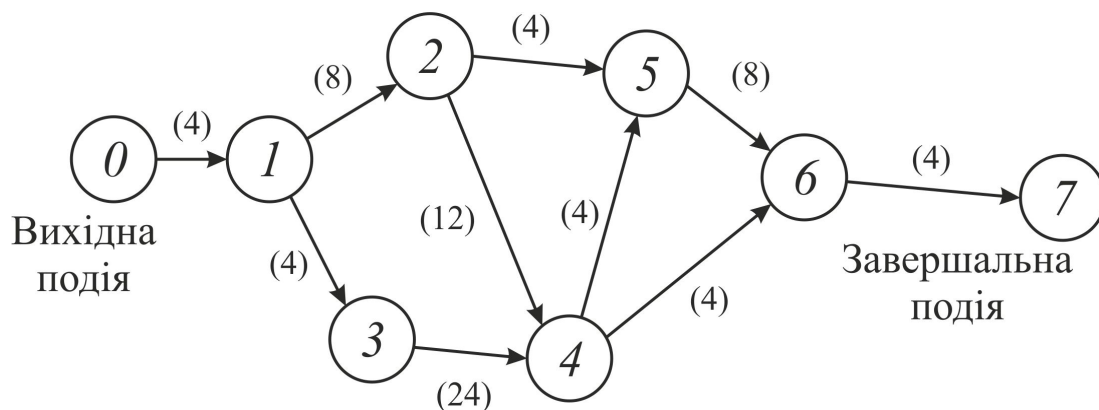


Рис. 2.25. Сітковий графік (спрямований графік), в якому шлях $0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 7$, події й роботи $(0-1)$, $(1-2)$, $(2-5)$, $(5-6)$, $(6-7)$.

Сітковий графік містить скінченне число подій. Оскільки в процесі викреслювання рух здійснюється в напрямку стрілок (робіт), ніяка попередня подія не може одержати номер більший, ніж будь-яка наступна. Завжди знайдеться хоча б одна подія відповідного рангу, і всі події одержать номери за скінченне число кроків.

Робота зазвичай кодується номерами подій, між якими вони укладені, тобто (I, j) парою, де I – номер попередньої події, j – номер наступної події.

В ту саму подію можуть входити (виходити) одна або кілька робіт. Тому здійснення події залежить від завершення найтривалішої із всіх вхідних у нього робіт.

Взаємозв'язок між роботами визначається тим, що початок наступної роботи обумовлено закінченням попередньої. Звідси треба, щоб не було робіт, не зв'язаних початком і закінченням з іншими роботами через події.

Послідовні роботи й події формують ланцюжки (шляхи), що ведуть від вихідної події сіткового графіка до завершальної. Наприклад, шлях $0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 7$ сіткового графіка, показаного на рис. 2.25, містить у собі 0, 1, 2, 5, 6, 7 події та роботи (0–1), (1–2), (2–5), (5–6), (6–7).

На підставі викладеного можна сказати, що ранг події – це максимальне число окремих робіт, що входять у який-небудь зі шляхів, що ведуть із нульової (вихідної) події в дано. Так, події першого рангу не мають шляхів, що складаються більш ніж з однієї роботи, що ведуть у них з 0 (наприклад, подія 1 на рис. 2.25). Події другого рангу пов'язані з 0 шляхами, які складаються не більш ніж із двох робіт, причому для кожної події другого рангу хоч один такий шлях обов'язково існує.

Наприклад, на рис. 2.25 подія 4 – подія третього рангу, тому що шляхи, що ведуть у цю подію з 0, включають тільки три роботи – (0–1), (1–3) та (3–4), або (0–1), (1–2) та (2–4).

Побудований у такий спосіб сітковий графік у термінах теорії графів являє собою спрямований граф.

На рисунку зображений сітковий графік. Граф, що не містить циклів і має тільки одне джерело й тільки один стік, називається спрямованим графом. Сітковий графік – це орієнтований, зв'язаний асиметричний граф з одним джерелом, одним стоком і без циклів, тобто це спрямований граф. При цьому вершинами графа служать події сіткового графіка, а дугами (ребрами) – роботи сіткового графіка.

Тривалість роботи являє собою, у термінах теорії графів, довжину дуги. Отже, довжина шляху T – це сума довжин всіх дуг, що утворюють цей шлях, тобто $T = \sum t_{ij}$, $t_{ij} \in T$, де символом t_{ij} позначається дуга, що з'єднує вершини i та j й спрямована від вершини i до вершини j .

Зазвичай сітковий графік будується від вихідної події до завершальної, ліворуч праворуч, тобто кожна наступна подія зображується трохи правіше попередньої.

У планованих процесах часто зустрічаються складні комплексні зв'язки, коли дві або більше роботи виконуються паралельно, але мають загальну кінцеву подію, або коли для виконання однієї з робіт необхідно попередньо виконати кілька робіт, а для іншої, вихідної із загальної для них події, попередньою умовою є виконання тільки

однієї з попередніх робіт і т.д. Зображення в мережній моделі подібних паралельних або диференційовано залежних робіт виконується в такий спосіб.

У випадку, коли настання події (наприклад, 3 на рис. 2.26) можливо в результаті завершення двох робіт (1–3) та (2–4), але в той же час існує подія 4 (рис. 2.27), що залежить від завершення тільки однієї із цих робіт (наприклад, (2–4), уводиться фіктивна робота (4–3) (рис. 2.26).

Якщо одна подія (наприклад, 1 на рис. 2.27) служить початком двох (наприклад, (1–2) та (1–3) або декількох робіт, що закінчуються в іншій події (3 на рис. 2.27), то для їх розходження також уводиться фіктивна робота (2–3) (рис. 2.27). За допомогою фіктивної роботи в сітковому графіку можуть бути відбиті й двосторонні зв'язки (залежності).

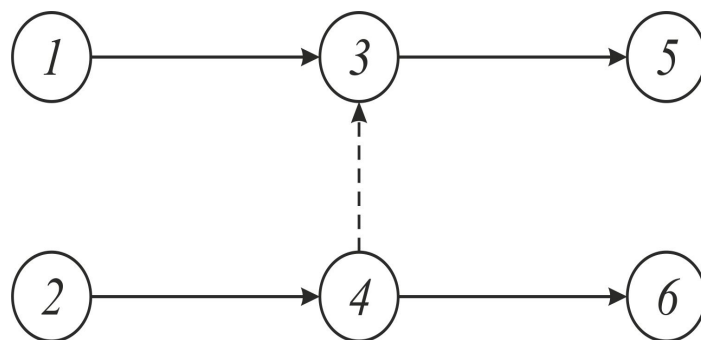


Рис. 2.26. Сітковий графік, в якому є сіткова робота 4–3

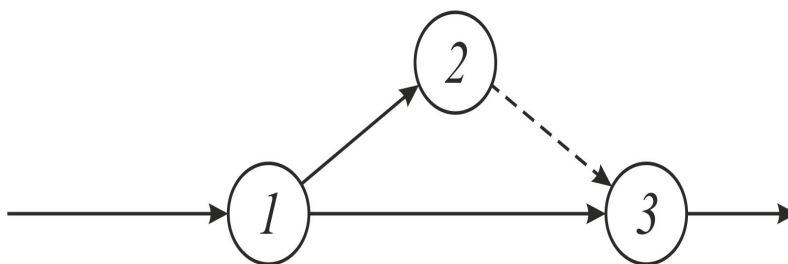


Рис. 2.27. Сітковий графік з фіктивною роботою 2–3

Нехай, наприклад, є три процеси A , B , C . При цьому закінчення процесу C залежить від результатів процесів A та B . У цьому випадку виникають двосторонні залежності, які можна зобразити так, як показано на рис. 2.28.

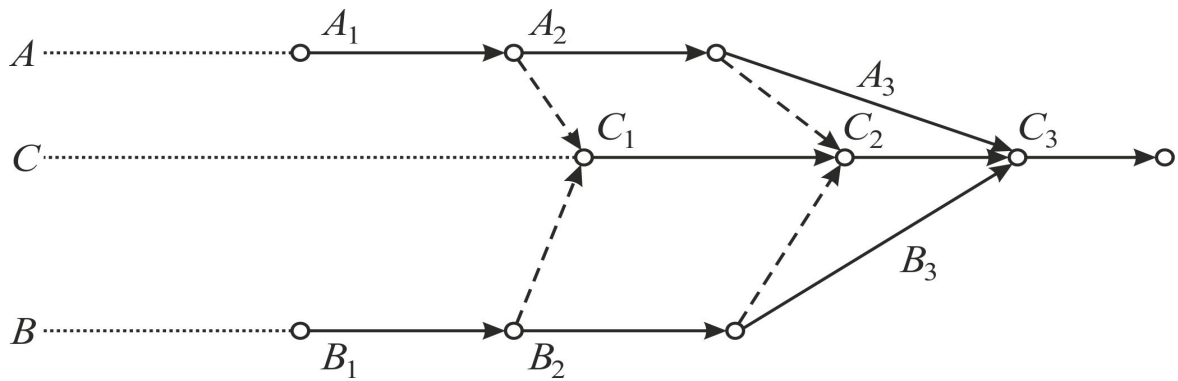


Рис. 2.28. Сітковий графік з односторонніми залежностями

Інше правило побудови сіткового графіка полягає в тому, що якщо кілька робіт може розпочатися не після повного, а після часткового виконання певної роботи, то останню роботу доцільно подати як суму її частин, розчленованих подіями (1, 2, 3, 4 і 5 на рис. 2.29). І в той же час, групу робіт доцільно подати однією роботою, якщо в цій групі є по одній початковій і кінцевій події (1 і 4 на рис. 2.30).

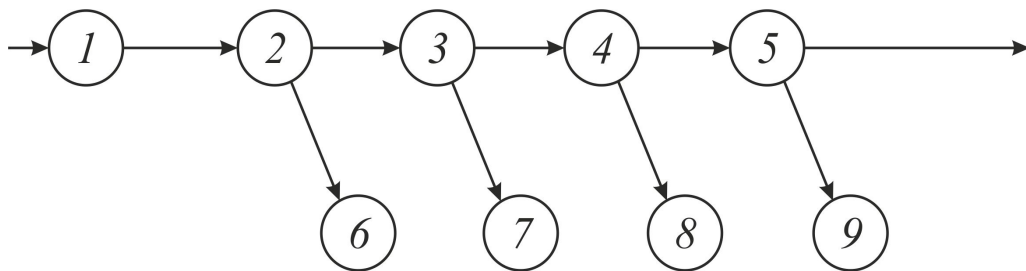


Рис. 2.29. Сітковий графік, де кілька робіт може початися після часткового виконання певної роботи

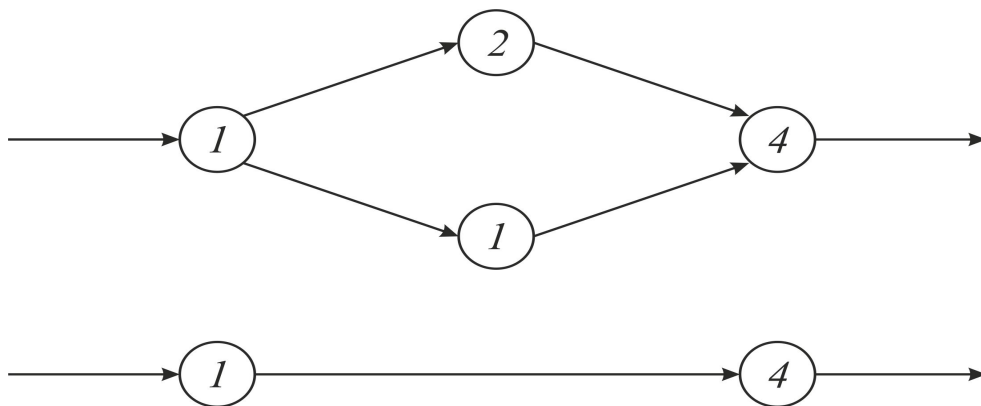


Рис. 2.30. Сітковий графік, де група робіт представлена однією роботою

Для відображення часу й місця надходження додаткових ресурсів (наприклад, поповнення особового складу, палива та ін.), і іншої інформації на сітковому графіку зафарбованим кружком зображуються так звані підставки (рис. 2.31). За наявності двох і більше робіт, що виходять із події, з якою необхідно зв'язати підставку, остання з'єднується з додатково уведеною подією через фіктивну роботу (рис. 2.31).

Після побудови сіткового графіка перевіряється відсутність робіт, що мають однакові коди. За наявності таких робіт вводяться додаткові події та фіктивні роботи. Крім того, сітковий графік повинен містити тільки одну вихідну подію і тільки одну завершальну.

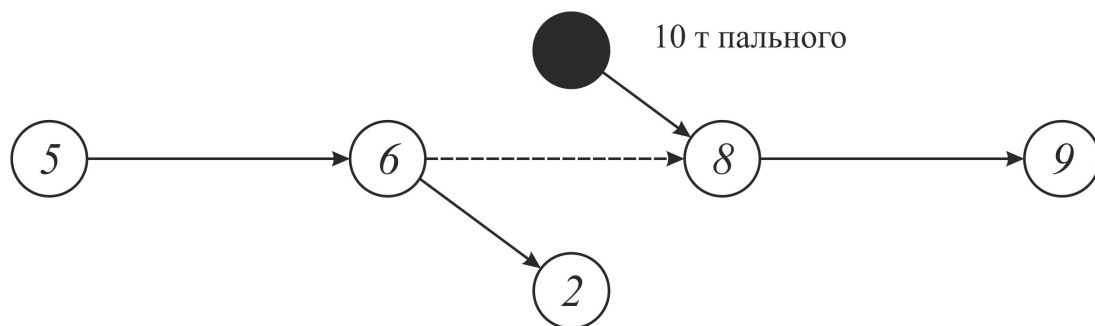


Рис. 2.31. Сітковий графік з підставкою та фіктивною роботою

Якщо ці умови не виконані, то необхідно додати ще одну вихідну подію й з'єднати її стрілками з наявними декількома початковими подіями або додати ще одну кінцеву подію, до якої ведуть стрілки від декількох наявних кінцевих подій.

Сітковий графік (рис. 2.31) не повинен мати циклів, тобто таких шляхів, у яких кінець останньої роботи збігається з початком першої роботи. Сітковий графік, що має хоча б один цикл, не може бути реалізований, тому що жодна з робіт, що входять у такий цикл, ніколи не може початися.

2.9. Приклад логістичної системи OEM виробництва автомобілів (Volkswagen, BMW, General Motors, Vauxhall Motors) за принципом систем Just-in-Time, Just-in Sequence і Kanban

Автомобіль – складний пристрій, що містить декілька тисяч деталей. Синхронізація ланцюга поставок у логістиці автомобільної промисловості відбувається за принципами Just-in-Time (точно в

строк) і Just-in-Sequence (у точній послідовності).

Автомобільний завод складається із трьох основних частин (рис. 2.33):

– **Body Shop** – зварювання автомобільної рами. Зазвичай цей процес роботизований і здійснюється практично без участі людини. Тут рама одержує унікальний серійний номер VIN (Vehicle identification number).

– **Цех прес-форм.** Не зараховується до «основних» і практично не має опційних виробів.

– **Paint Shop** – ділянка, де автомобілі фарбують. Там же робиться багатошарове ґрунтування перед фарбуванням.

– **Trim Assembly Line** – лінія фінального складання.

Усе OEM-виробництво (англ. Original equipment manufacturer – виробництво комплектного (збірного, комплектуваного із частин, зроблених іншими підприємствами, устаткування) автомобільного заводу умовно зображено у вигляді прямої лінії на рис. 2.32.

На лінії фінального складання виникає найбільше навантаження на *кастомізацію* і на *ланцюг поставок*, де тисячі деталей необхідно скласти в правильній послідовності.

Незважаючи на гігантський розмір автомобільного заводу, на самій Trim Assembly простору дуже мало, замість прямої конвеєрної лінії виходить заплутаний клубок довжиною 3 км. Але місця однаково не вистачає, тому автовиробники намагаються перекласти проблему *недостачі місця* на плечі своїх постачальників – так з'явилося «крупновузлове складання».

Згодом в автомобільній промисловості виробився паритет між OEM-складальниками (*Volkswagen, BMW, General Motors*) і *Tier-1 Suppliers* (компанії першого рівня, що є постачальниками OEM-виробників), такими як *Lear, Delphi, Visteon, Magna*. Якщо перші «на слуху», то про другі знають тільки фахівці, однак за кількістю ресурсів і за величиною власних промислових потужностей вони порівняні. В епоху глобалізації виробилася стійка схема ланцюгів поставок, у якій працюють як глобальні, так і місцеві *Tier-1* постачальники (рис. 2.34).

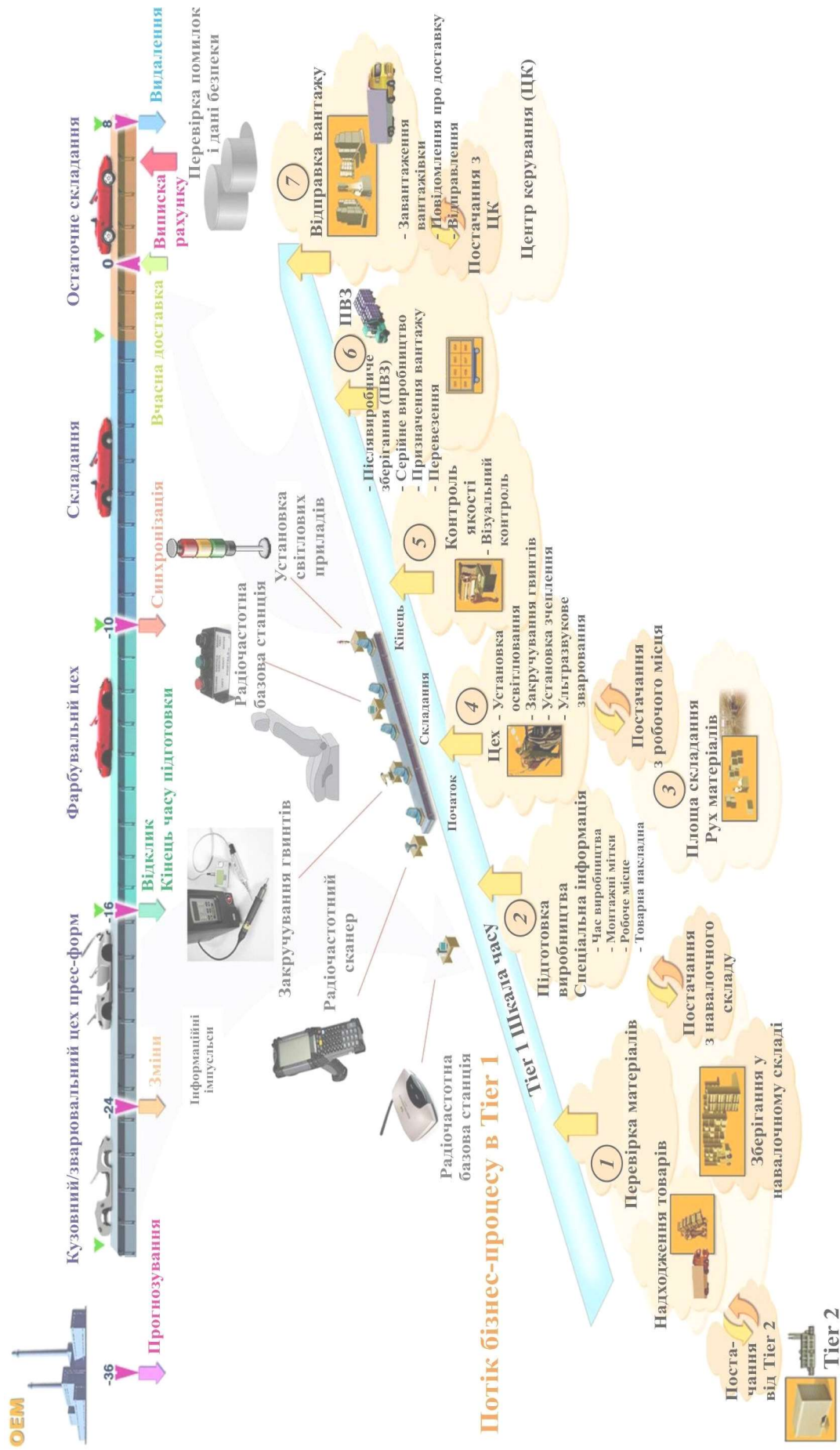


Рис. 2.32. Схема виробничого циклу автомобільного заводу

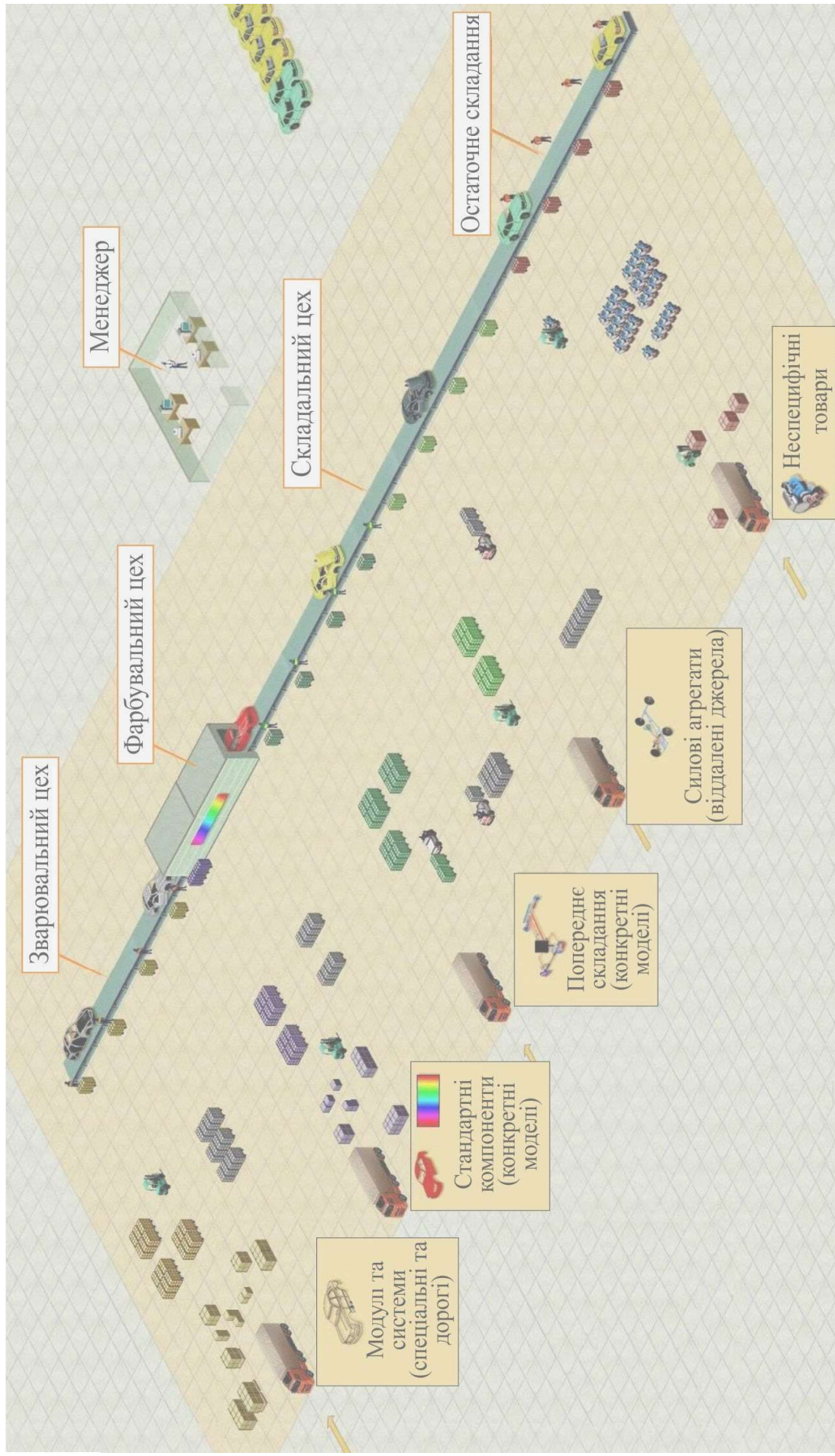


Рис. 2.33. Крупновузлове (ОЕМ) виробництво автомобільного заводу



Рис. 2.34. Схема ланцюгів поставок в автомобільній промисловості

Серійне виробництво проти індивідуального складання

Використовуючи ідеї Адама Сміта «про розбивку складних виробничих процесів на малі елементарні операції», Генрі Форд реалізував принцип «серійного виробництва». Післявоєнна Японія добила максимальної ефективності ідеології масового виробництва – автомобілі Toyota у середньому були практично ідентичні, та сама модель випускалася підряд кілька років. Цим виробники досягли здешевлення продукції й зайняли лідируючі позиції в галузі.

Як правило, купівля автомобіля закінчується «передпродажною підготовкою», під час якої автодилер пропонує покупцеві цілий ряд додаткових опцій, які істотно підвищують ціну авто. Через те що покупці не зацікавлені в завищенні ціни, з'явилася ідеологія індивідуалізованих елементів у масовому виробництві, коли покупець ще до купівлі може замовити опції для свого автомобіля.

Розглянемо завод *Vauxhall Motors* у місті Ellesmere Port (Великобританія), де випускається автомобіль Opel Astra у 8-ми базових кольорах і в 6 додаткових перламутрових, із трьома видами матеріалу внутрішньої обшивки чотирьох кольорних модифікацій, із трьома видами «центрального замка», один із них має 12 модифікацій, для англійського лівостороннього та для європейського правостороннього ринку. Все це викликає величезну розмаїтість можливих варіантів усіх вузлів: автомобільних дверей з боку водія, крісел, cockpit instrumental panel (приладової панелі) та ін.

EDI, ODETTE, EDIFACT, VDA

Для організації інформаційного обміну Upstream (висхідний потік від клієнта на сервер) уздовж усього Supply Chain (ланцюга поставок) використовується стандарт EDI (Electronic Data Interchange – електронний обмін даними – безпечний обмін фінансовою, комерційною, логістичною документацією у вигляді стандартного структурованого електронного документа безпосередньо між обмінюваними системами бізнес-партнерів). У Європі й Азії прийнята модифікація EDI – EDIFACT, а для автомобільної промисловості її скорочена версія – ODETTE (деякі німецькі авто-виробники частково використовують стандарт VDA), у Північній Америці більше поширений стандарт X12 (суть стандартів ідентична, розходження тільки у форматі даних). Транспортний протокол передачі даних EDI, як правило, OFTP (ODETTE File Transfer Protocol – стандартний протокол для відправлення та отримання повідомлень EDI по всій Європі та більшій частині світу).

Структура автомобільного заводу

1. Body. Великий автомобільний завод (рис. 2.35), як правило, керується ERP системою (англ. Enterprise Resource Planning System – система планування ресурсів підприємства). Розглянемо Upstream-рух інформації.

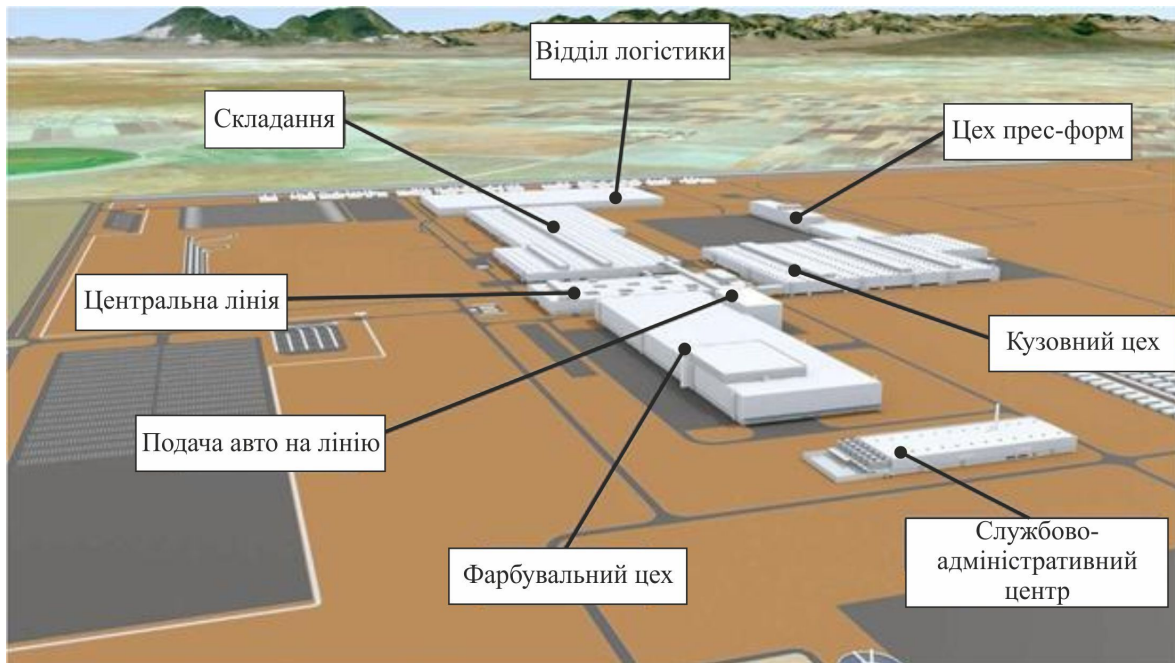


Рис. 2.35. Структура автомобільного заводу

Прес-форма на автомобільному заводі починає роботу з найпершого дня запуску виробництва та здійснює виробництво станини (кузова) автомобіля неспинно в три зміни. Потім зроблені станини потрапляють в автоматизований цех зварювання, де створюється рама машини (Body). Практично весь цех автоматизований. Час зварювання рами одного легкового автомобіля займає від 6 до 10 годин.

У момент, коли рама стає на початку Body Shop конвеєра, їй привласнюється унікальний VIN номер, у цей самий момент OEM виробник вважає, що «почався процес виробництва реального автомобіля», уже відомої моделі, хоча ще й без конкретного хазяїна й не обладнаного опціями. У цей момент усім 150–300 постачальникам розсилається в EDI форматі «прогнозний сигнал» «Forecast from Body Shop» про те, що через 24 години автомобіль дійде до ділянки «Trim Assembly», і його необхідно буде без затримок обслужити.

Відповідно цей сигнал використовується всіма постачальниками для перевірки наявності в них достатньої кількості матеріалів для поставки всього необхідного виробникові через 24 години. Якщо матеріалів достатньо, то товар ставиться на резерв, якщо не вистачає – товар дозамовляється в Tier-2 (компаній-постачальників для Tier-1) і далі з Upstream постачальників.

Коли рама автомобіля зварена, вона по довгому переходу (як правило, під стелею) переїжджає в «цех фарбування».

Paint (цех фарбування)

У цьому цеху, залежно від типу виробництва, існують варіанти: на заводах *Ford* і *Volkswagen* при в'їзді в Paint Shop автомобіль одержує свого хазяїна, і стає відомо, який саме автомобіль нам потрібний. З'являється поняття «Order Number» (англ. номер замовлення), до якого прив'язаний певний VIN number. А в *Renault* і *Fiat* фарбування проводиться batch-ами (англ. batch – партія): фарбують партіями підряд одним кольором, поки не використовується весь балон фарби. Після фарбування автомобільні рами переміщуються в Paint Magazine (англ. магазин пофарбованих виробів), де вони висять у вертикальному положенні до продажу.

У кожному разі на виході з Paint Shop всі Tier-1 Suppliers одержують «Paint-out» імпульс, що попереджає про повну готовність прийняти автомобіль на складання. Далі автомобіль по довгому конвеєру під стелею надходить на складальну лінію.

Trim Assembly (англ. складальна лінія)

Коли пофарбована автомобільна рама спускається зверху й установлюється на конвеєрну лінію, на майбутній автомобіль прикріплюють Option List (англ. список опцій). Рама із прикріпленим списком опцій рухається далі.

Через 16–20 годин цей автомобіль (уже повністю зібраний) дійде до заправлення паливом (близько 1 л) (рис. 2.36). І далі, уже самостійно, він з'їжджає з конвеєра та їде на стоянку заводу, чекаючи відвантаження.



Рис. 2.36. Процес першої заправки зібраного автомобіля паливом

Tier-1

У процесі складання OEM-виробник відправляє «імпульси» до всіх основних постачальників у відповідні моменти часу: у різні моменти 16-тигодинного складання автомобіля, OEM-виробник очікує поставку комплектуючих точно в строк і точно до місця (і в правильній послідовності).

Наприклад, завод Форд у Gölcük (Туреччина) складає невеликі міські автобуси, вони очікують від компанії *Intier Seating* перший ряд крісел на 6 ділянці, 2–4 ряд на 12–14 ділянці і останній ряд крісел у самому кінці складальної лінії, коли вже все готово (це змінний ряд, його можна замінити на багажний відсік).

ОЕМ-виробник розсилає всім своїм постачальникам замовлення, в якому зазначений лише його власний опис автомобіля (list of Option Codes – список кодів опцій), без чіткого опису необхідної продукції, її кількості, кольору й модифікації. Постачальники самі повинні визначити тип необхідної продукції.

Наприклад: якщо машина типу «Comfort», то постачальник крісел сам визначає, що повинно бути: *«велюрове покриття, з 4-ма подушками безпеки й спеціальним швом»*. Те саме стосується опції про колір салону і колір машини і його модифікацій – продукція Tier-1 має відповідати оригінальним побажанням кінцевого замовника.

Варіантів виконання може бути велика кількість, тому на більшості сучасних заводів Tier-1 намагаються підписатися на ранні Forecast (англ. прогноз) повідомлення, щоб не тримати в себе склад «Готових виробів всіх форм і модифікацій», а виготовляти лише те, що може незабаром знадобитися ОЕМ-виробникові.

Розділяють різні типи (у тому числі змішані) складання виробів за типом EDI сигналу:

- **Bulk assembly** (англ. масове складання) – протягом однієї зміни складають однакові вироби – деяка кількість для ОЕМ-постачальника, інші – на склад.

- **Build-to-Order** (англ. складання під замовлення) – кожний виріб створюється строго під кожен машину (per each VIN order). У цьому випадку склад готової продукції – мінімальний. Це випадок реалізації Lean Principles (англ. принципи заощадження) – Pulling Model (англ. тягнуча модель).

- **Змішаний** – складається все, що необхідно ОЕМ-виробникові, а якщо замовлень нема, то пауза заповнюється виробництвом найбільш популярних конфігурацій виробів на склад.

У Чехії, на заводах «Delphi» розроблено методику **«pre-assembly»**: так само, як ОЕМ-виробник віддав своїм постачальникам Tier-1 крупновузлове складання, керівництво «Delphi» передало крупновузлову деталізацію в цехи, що знаходяться на початку ланцюга виробництва, тобто спочатку складаються найбільш часто вживані компоненти, а потім їх швидко компонують у те, що потрібно ОЕМ-виробнику, і додають опції під потреби конкретного замовлення.

Build-to-Order (англ. складання під замовлення)

Розглянемо типовий випадок, коли виріб складається й поставляється строго на вимогу (без складу).

За одержанням:

– **Forecast – 3 month** (англ. прогнозний сигнал за 3 місяці) – Tier-1 домовляється про поставки зі своїми Upstream (англ. у висхідному напрямку) постачальниками: технічні варіанти, міцність, конструктивні параметри, упакування й т.д. Розміщують контракти й домовляються з логістичною компанією про частоту поставок.

– **Forecast – 1 month** (англ. прогнозний сигнал за 1 місяць) – Tier-1 заповнює свої склади сировиною і заготовками, щоб «приблизно відповідати очікуваним потребам OEM-виробника».

– **Forecast – 24h** (англ. прогнозний сигнал за 24 години) – автомобіль надійшов у Body-Shop. У цей момент Tier-1 перевіряє доступну кількість ресурсів на своєму складі й робить «резервацію» комплектуючих матеріалів.

– **Forecast – 8h** (англ. прогнозний сигнал за 8 годин) – автомобіль надійшов у Paint-Shop. Tier-1 ще раз все перевіряє, і, якщо на попередньому пункті була недостача чогось, то тепер «резервуванню» повинні бути доступні всі деталі (англ. resolved – дозволений), в іншому випадку – замовляється авіадоставка відсутньої продукції.

– **Call-off – 0h** (англ. час підготовки вийшов) – автомобіль надійшов на Trim-Assembly. Це головний імпульс для всіх постачальників, що є точкою відліку початку поставок.

Перша ділянка Trim Assembly – електрика

Більшість постачальників починають робити свої крупновузлові комплектуючі після одержання сигналу «Call-off». Для них це означає, що через строго певний час вони повинні поставити до певної ділянки лінії складання товар, що відповідає зазначеним опціям автомобіля. На поставленому виробі вказується номер замовлення і номер черговості для складання.

Наприклад, завод *Magna* (колишній *Intier*) у Познані (Польща), робить автомобільні крісла для *Volkswagen*. Швидкість складання одного крісла – близько 45 хвилин. Зазвичай для автомобіля потрібно від 1 до 5 крісел. Крісла другого й третього ряду складають на окремих конвеєрних лініях паралельно (рис. 2.37).

Обмін інформацією між двома конвеєрними лініями відбувається за допомогою Kanbans – карток виробничого замовлення (карток, що надсилаються з одного підрозділу в інший підрозділ підприємства із зазначенням потреби у певних деталях або заготовках; використовуються для керування запасами в системі «точно в строк»).

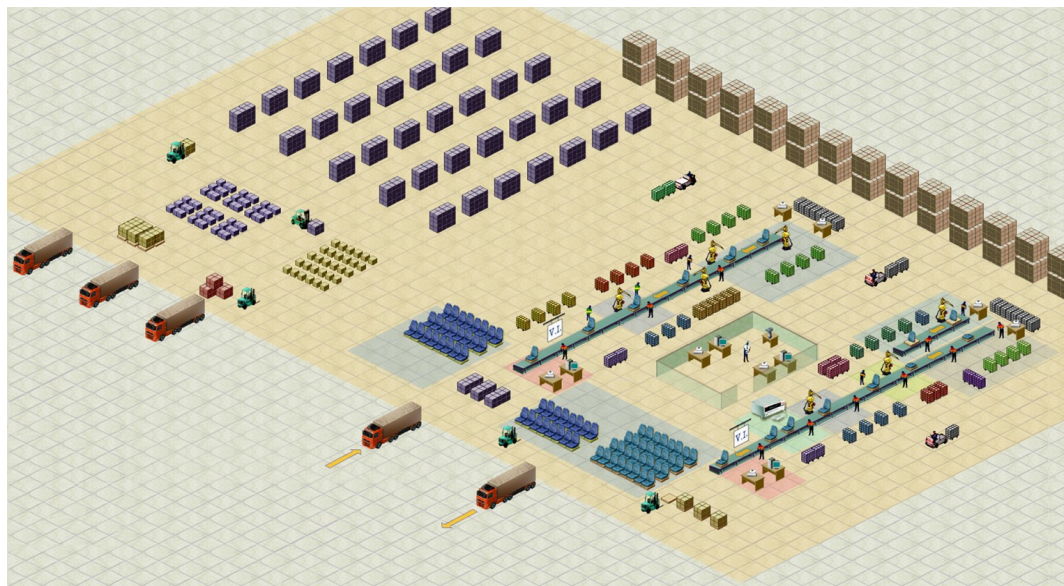


Рис. 2.37. Дві складальні лінії та склад між ними – Kanban

При виробництві автомобільних крісел необхідно використовувати раму правильної конфігурації, що відповідає опціям замовленої машини.

Далі на раму одягають чохол і прасують його паровою праскою.

Кожне крісло кріпиться болтами за допомогою програмувальних виробничих викруток (зазвичай фірми *Atlas*), і з них зчитуються дані про кути повороту й силу затягування кожної (!) гайки.

Ця інформація потім зберігається на CD (компакт-диску) у банківській комірці протягом 15 років.

Далі крісло тестується за допомогою мультиметра: перевіряються електроніка затискача паси безпеки «Buckle» (англ. пристібати), електроніка «airbag» (англ. подушка безпеки), і всі ці дані теж зберігаються в базі та передаються на CD.

Наприкінці конвеєрної лінії крісло упаковують, і на упаковку величезними цифрами наносять номер sequence (англ. послідовність, черговість).

У Tier-1 постачальника є від 4 до 6 годин на формування batch-поставки (англ. batch – партія). Тобто всі зроблені протягом 3–4 годин крісла складаються у велику фуру, і комплектується одна Delivery (англ. доставка).

Потім автомобіль їде до великого OEM-заводу та паркується у своїх Gate (англ. ворота). Номер Gate вказується в даних EDI. Там автомобіль розвантажують (бічне розвантаження) і прикріплюють крісла (згідно з їх sequence-номером у зворотній послідовності на рейковий стельовий конвеєр, що доставляє Rack-mount (англ. монтажний стояк), із кріслом усередині, до правильної ділянки складальної лінії.

Робітник на ділянці не дивиться на номер замовлення, а дивиться тільки, щоб нерозривними були номери sequence. У випадку збою – зупинка конвеєра. Оскільки кожні 5 хвилин завод повинен випускати один автомобіль, простій дуже дорогий і трапляється вкрай рідко.

У міру просування Car-Body (англ. корпус автомобіля) по складальній лінії OEM-виробник продовжує надсилати EDI повідомлення всім своїм Tier-1 постачальникам. Зазвичай вони використовуються для валідації поставок: «чи не пропущений Call-off?», «до приходу Check-20 (англ. перевірочне повідомлення) замовлення має бути вже наполовину зібраним. Чи не так це?», після одержання «Check-80» – «замовлення вже має бути впакованим і завантаженим в автомобіль для транспортування OEM-виробникові. Чи не так це?», «CH-120» – «замовлення має бути по дорозі до OEM-виробника. Чи не так це?» (Інакше – ручне складання й доставка на найшвидшому таксі).

Ближче до кінця великого OEM-конвеєра виникає сигнал для invoice (англ. рахунок): якщо поставлені комплектуючі були зібрані в справний автомобіль, то постачальнику Tier-1 оплачують поставку за однією ціною, якщо автомобіль був зібраний невірно (неважливо на якій ділянці), поставлені комплектуючі оплачують за іншою ціною. Це стає відомо, коли автомобіль заправляється бензином і перевіряється на ходу.

Як тільки остаточно зібраний автомобіль залишає ворота заводу, відправляється сигнал «Del» (англ. delete – видалити), за яким у програмному середовищі постачальника Tier-1 здійснюється очищення, перевірка, пакування історії та підготовка рахунку OEM-виробнику за всю зміну.

У дійсності ERP (Enterprise Resource Planning – англ. Система планування ресурсів) працює набагато складніше. Наприклад, товар із різних країн може стояти в спеціальній частині складу й бути «нерозмитненим». Це робиться з метою економії, щоб не платити мито за ті комплектуючі, які ще не були затребувані й використані. Таким чином, VAT (англ. value-added tax – податок на додану вартість) і мито з'являються, тільки коли спрацьовує внутрішній Kanban імпульс на запит нового товару із закордонного складу до конвеєра.

Контрольні запитання до розділу 2

1. Завдання планування.
2. Об'єкт планування.
3. Три комплекси завдань планування.
4. Три фази планування систем матеріальних потоків.
5. Сім етапів планування в рамках проектування системи матеріальних потоків.
6. Сутність автоматизованого планування.
7. Техніка автоматичного запиту фактичного стану системи.
8. Приклад варіантів розташування програми планування.
9. Архітектура майбутніх систем планування складів.
10. Планування на основі моделювання. Завдання й умови застосування.
11. Основи моделювання, реальність і її відображення за допомогою моделі.
12. Концепти моделювання.
13. Стохастика при складанні моделей.
14. Приклади зображень результатів моделювання.
15. Принципова будова логістичних систем та імітаційних моделей.
16. Сфери застосування моделювання в логістиці і потоках матеріалів при чотирьох рівнях планування.
17. Результат вивчення моделювання для визначення кількості транспортних засобів.
18. Тенденції розвитку моделювання.
19. Стратегія моделювання.
20. Експертні системи в плануванні.
21. Методи експертних систем.
22. Етапи розвитку при складанні експертних систем.
23. Приклади експертних систем.

24. Що передбачає концепція логістики в сенсі прояву взаємозв'язків стратегічного й поточного планування?
25. Що відносять до стратегічних і поточних проблем логістичного планування?
26. Розкрити поняття «економічний ефект» і «економічна ефективність».
27. Які можуть бути цілі й завдання, висунуті при стратегічному плануванні?
28. Розкрити сутність прогнозів.
29. Підходи стратегічного й поточного планування, що сприяють одержанню синергічного ефекту.
30. Що являють собою цільові проекти?
31. Який зв'язок проектування з логістикою?
32. Розкрити структуру цільових проектів.
33. Які основні проблеми вирішуються при оцінці ефективності в процесі економічного проектування?
34. Розкрити проблематику ризиків у процесі проектування.
35. Назвати напрями оцінення економічної ефективності в процесі проектування в сучасних умовах.
36. Метод критичного шляху.
37. Мережний графік.

Список літератури до розділу 2

1. Junemann R. Materialfluss und Logistik / R. Junemann. – Springer, Verlag, 1989. – 764 p.
2. Arbeitskreis für Simulation in der Fertigungstechnik (ASIM) (Hrsg.): Simulationstechnik und Fabrikbetrieb Tagung, Berlin, 24–26, Februar 1988. Gesellschaft für Management und Technologie (GIMT), München, 1988.
3. N.N. Simulation von materialflusssystemen. aus: Technische Rundschau 79 (1987) Nr.21, Seite, p. 48–57, Hallwag, Bern.
4. Dangelmeier W., Becher B.D. Vergleich und Entwicklungsrichtung von Werkzeugen zur diskreten Simulation von Fertigungssystemen. aus: 4. Symposium Simulationstechnik Tagung, Zurich, 9–11 September 1987.
5. Reising W. Petrinetze / W. Reising. – Berlin : Springer-Verlag, 1982.
6. Grosseschallau W., Kuhn A. u.a.: Simulation und Computergrafik in der Materialflusstechnik (Teil I bis IV) aus: fordern und heben 35 (1985) Nr. 4,6,9,10 Vereinigte Fachverlage Krausskopf – Ingenieur Digest, Mainz.

3. СУЧАСНЕ І МАЙБУТНЄ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СВІТІ ГЛОБАЛЬНИХ ТЕНДЕНЦІЙ

16 вересня 2017 р. в Києві відбулася «Ялтинська конференція» за назвою «Європейський вибір», на якій виступили з доповідями визначні діячі світової спільноти та колишні президенти багатьох держав. Основним лейтмотивом конференції була тема «Роботизація та штучний інтелект».

У той же час 16 вересня 2017 р. відбулася значуща подія в царині сучасних і майбутніх інформаційних технологій – шоста міжнародна конференція IT Weekend Ukraine, організована IT-компанією SoftServe. Конференція пройшла у Києві за участі 13-ти міжнародних спікерів, які поділились практичним досвідом та останніми розробками у напрямках Artificial Intelligence (Штучний інтелект), Virtual і Augmented Reality (Віртуальна та доповнена реальність), Big Data (сукупність підходів, інструментів та методів обробки структурованих та неструктурованих даних величезних обсягів для отримання результатів, що сприймаються людиною), Data Science (наука про дані (англ. *data science*, іноді – «датологія» – *datology*) – розділ інформатики, що вивчає проблеми аналізу, обробки та подання даних в цифровій формі), Bots (боти, роботи) і Machine Learning (Машинне навчання (англ. *Machine Learning*, ML) – клас методів штучного інтелекту, характерною рисою яких є не пряме розв’язання задачі, а навчання в процесі застосування рішень безлічі схожих завдань.

Темою цьогорічної конференції стала «Robots & Machines». Роботи та машини (ЕОМ) вийшли за межі розробницьких лабораторій та упродовж останніх років впевнено інтегруються в бізнес та життя.

З кожною новою версією вони працюють швидше, ефективніше, обробляють ще більше даних та розв’язують дедалі складніші завдання.

Роботи – крани-штабелери, велосипедні крани, розвантажувачі і навантажувачі в поєднанні з IT-технологіями набувають дедалі більшого застосування у різноманітних інформаційно-керуючих системах логістики.

Для того щоб визначити роль логістики та спеціалізації «Інженерія логістичних систем», розглянемо проблеми більш широко, а саме, вивчимо мегатренди, «мегатенденції» людства (рис. 3.1) [1].



Рис. 3.1. Глобальні мегатренди

Як бачимо, людство в наш час переймається демографічними змінами (зсувами), змінами в економічній могутності, урбанізацією, що прискорюється, кліматичними змінами, дефіцитом ресурсів і технологічним прогресом, його наслідками та окремими загрозами.

В наш час людство знаходиться в стані завершення четвертої промислової революції (рис. 3.2).

Четверта промислова революція (англ. The Fourth Industrial Revolution) – подія, що прогнозується, масове впровадження кіберфізичних систем у виробництво (Індустрія 4.0), що обслуговує людські потреби, включаючи побут, працю та дозволя. Зміни охоплюють різні сторони життя: ринок праці, життєве середовище, політичні системи, технологічний устрій, людську ідентичність та ін. Четверта промислова революція, що викликається до життя економічною доцільністю та привабливістю підвищення якості життя, спричиняє ризики підвищення нестабільності та можливого колапсу світової системи, у зв'язку з чим її настання сприймається як виклик, на який людству доведеться відповісти.

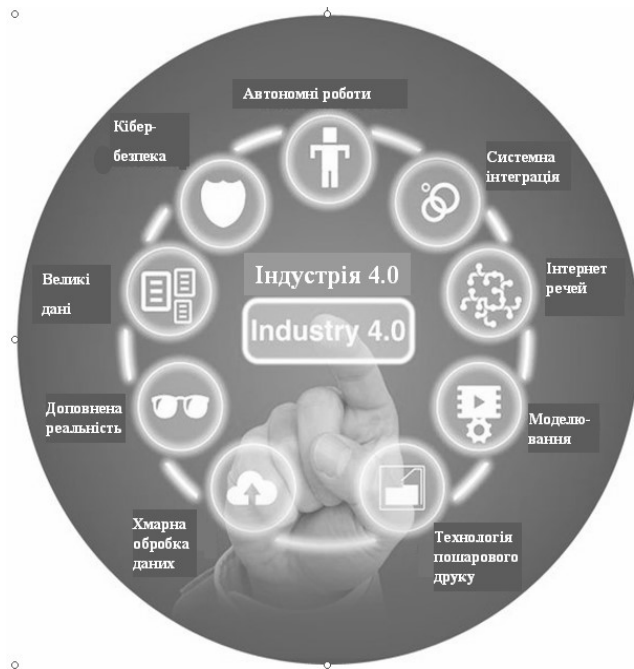


Рис. 3.2. Індустрія 4.0 (англ. Industry 4.0)

Як бачимо, індустрія 4.0 складається з автономних роботів, систем інтеграції, «інтернету речей», моделювання, технології пошарового друку, хмарної обробки даних, доповненої реальності, «великих даних», кібербезпеки.

Виклики, з якими зустрічається індустрія 4.0:

- роботи + штучний інтелект + автоматизація;
 - 7,1 млн робочих місць буде втрачено та 2,1 млн робочих місць створено;
 - етичні міркування;
- людина проти технології;
- відсутність необхідних навичок – розробка нових навчальних програм.

Нові можливості для індустрії 4.0:

- доповнена реальність + віртуальна реальність;
- доповнена реальність + IoT + великі бази даних (тематичні парки, ресторани);
- доповнена реальність + IoT (культурний спадок міст);
- доповнена реальність + штучний інтелект (охорона здоров'я, підготовка солдатів, освіта);
- робот + штучний інтелект (готелі);
- робот + безпілотник + доповнена реальність (безпека на складах);

- віртуальна/доповнена реальність + безпілотник (туризм);
- гуманістичний підхід;
- якість життя + продуктивність праці.

Економіка наступного покоління умовно може розвиватися в напрямі 10 основних технологій (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Напрями розвитку майбутньої економіки

На рис. 3.3, зверху за годинниковою стрілкою: 1 – безпілотні апарати (дрони); 2 – блочний ланцюг (вибудований за певними правилами безперервний послідовний ланцюжок блоків, що містить інформацію); 3 – великі масиви даних (це термін для наборів даних, які настільки великі та складні, що традиційне прикладне програмне забезпечення для обробки даних не підходить для вирішення цих проблем. Проблеми великих масивів даних включають в себе збір даних, їх зберігання та аналіз, пошук, обмін, передачу, візуалізацію, запит, оновлення та конфіденційність інформації); 4 – доповнена реальність (результат введення в поле сприйняття будь-яких сенсорних даних з метою доповнення відомостей про оточення та покращення сприйняття інформації); 5 – 3D-друк; 6 – віртуальна реальність (створення за допомогою технічних засобів світу (об'єкти та суб'єкти), що передається людині через її відчуття: зір, слух, нюх, дотик та інші. Віртуальна реальність імітує як вплив, так і реакції на вплив. Для створення переконливого комплексу відчуттів реальності, синтез властивостей та реакцій віртуальної реальності здійснюється в реальному часі; 7 – штучний інтелект; 8 – роботи; 9 – «Інтернет речей» (концепція обчислювальної мережі фізичних предметів («речей»)), що оснащені вбудованими технологіями для взаємодії один з одним або із зовнішнім середовищем. Ця концепція розглядає організацію

таких мереж, як явище, здатне перебудувати економічні та суспільні процеси, що виключає з частини дій та операцій необхідність участі людини; 10 – генетика.

З цих 10 напрямів розвитку економіки майбутнього в розділі 1.10 докладно розглянуто Інтернет речей. Далі розглянемо такі важливі напрями, як віртуальна та доповнена реальність та захист від кіберзлочинності, що мають безпосередній вплив на усю логістику, а саме, захист інформації від кібератак при збереженні конфіденційності.

3.1. Захист інформації від кібератак при збереженні конфіденційності

Для того щоб оцінити всю важливість пропонованої теми, згадаємо атаки на Україну в 2017 р. 27 червня 2017 р. розпочалось масове поширення нової модифікації програми Petya.

Petya (також відома як Petya.A, Petya.D, Trojan.Ransom.Petya, PetrWrap, NotPetya, ExPetr, GoldenEye) – шкідлива програма, мережевий черв'як та програма-вимагач, що вражає комп'ютери, які знаходяться під управлінням Microsoft Windows. Перші різновиди вірусу були виявлені в березні 2016 р.

Програма шифрує файли на жорсткому диску комп'ютера-жертви, а також перезаписує та шифрує MBR-дані, необхідні для завантаження операційної системи. В результаті всі файли, що зберігаються на комп'ютері, стають недоступними. Потім програма вимагає грошовий викуп у біткоїнах за розшифрування та відновлення доступу до файлів. При цьому перша версія вірусу шифрувала не самі файли, а MTF-таблицю – базу даних з інформацією про всі файли, що зберігаються на диску. Сплата викупу є марною, тому що версія Petya 2017 р. (що має назву NotPetya) не передбачає можливості розшифрування інформації на жорсткому диску, а знищує її назавжди.

За добу від початку атаки в Департамент кіберполіції України надішло більше 1000 повідомлень про втручання в роботу комп'ютерних мереж, що призвело до збоїв у їх роботі. З них офіційно з заявами в поліцію звернулись 43 компанії. Станом на 28 червня розпочато 23 кримінальних провадження за фактами несанкціонованого втручання в електронно-обчислювальні системи як державних, так і приватних установ, організацій, підприємств. Ще за 47 фактами вирішується питання про внесення відомостей у Єдиний реєстр досудових розслідувань.

Станом на 29 червня 2017 р. до Національної поліції України звернулись 1508 юридичних та фізичних осіб з повідомленнями про блокування роботи комп'ютерної техніки за допомогою віруса-шифрувальника. З них 178 звернулись у поліцію з офіційними заявами.

Зокрема, 152 організації приватного сектору та 26 звернень від державного сектору країни. 115 таких фактів зареєстровано в журналі Єдиного обліку скоєних кримінальних порушень та інших подій. Наведемо вибірковий перелік постраждалих підприємств України (рис. 3.4).

У зв'язку з цим особливо цінною є думка провідних фахівців світового рівня з питань безпеки.

На думку Стефана Руссо, директора громадської безпеки фірми IBM [1], у світі повинні дотримуватись таких постулатів:

- уряд кожної країни повинен захищати та служити;
- має дотримуватись баланс безпеки та охорони.

При цьому повинна витримуватись особиста конфіденційність.

Таблиця 3.1 – Краткий перелік організацій, які постраждали від кібератак

Компанії	Банки
Укрзалізниця	Ощадбанк
Міжнародний аеропорт «Бориспіль»	Банк Південний
Міжнародний аеропорт «Київ»	ОТП Банк
Мережа магазинів «Епіцентр»	Кредобанк
Укрпошта	Укргазбанк
Нова пошта	
ДТЕК	Укрсоцбанк
Укренерго	Промінвестбанк
Київенерго	Приват24
Мережа автозаправок ТНК	
Київводоканал	
Мережа автозаправок WOG	
УкрГазВидобування	
Київський метрополітен	
Телеканал АТР	
Телеканал ICTV	
Телеканал СТБ	
Vodafone Україна	
Київстар	
ДП «Антонов»	



Рис. 3.4. Світові збитки від кіберзлочинності

На рис. 3.5 показано, наскільки сьогоднішні хакери витончені і безжальні.



Рис. 3.5. Різноманіття типів хакерських атак

На рис. 3.6 наведено приклади збитків від кіберзлочинності у різних сферах.



Рис. 3.6. Сплеск шахрайства та фінансових злочинів проти бухгалтерських рахунків та страхових компаній

На рис. 3.7 показано, що самі користувачі соцмереж забезпечують доступ до їх персональних даних.

Людство повинно вирішити дилему між приватністю та охороною (рис. 3.8), а також між приватністю та зручністю (рис. 3.9).



Рис. 3.7. Сплеск обсягу даних, що користувачі самі публікують у соцмережах



Рис. 3.8. Обмін частки приватності на безпеку



Рис. 3.9. Співвідношення між приватністю та зручністю

У той же час ми добровільно залишаємо в різних місцях інформацію для «поганих хлопців» (рис. 3.10).

Ми часто турбуємося, що спільноти користувачів вторгаються в наше приватне життя і мають доступ до особистої інформації, яку ми не хотіли б довіряти стороннім.

Але що ми добровільно надаємо «поганим гравцям»:

- Пости в соцмережах;
- Онлайн послуги;
- Мультимедіа, картини, відео;
- Розклади поїздок

Рис. 3.10. Суспільні організації, що посягають на приватність

Кожен з нас залишає за собою цифровий слід (рис. 3.11).

Для мінімізації ризиків потрібно дотримуватися принципів, наведених на рис. 3.12., тобто мінімізувати свій «інверсійний слід», який ми залишаємо у вигляді особистих даних на різноманітних платформах соціальних мереж (Facebook, instagram, linkedin, twitter, YouTube).



Рис. 3.11. Цифровий шлейф кожної людини

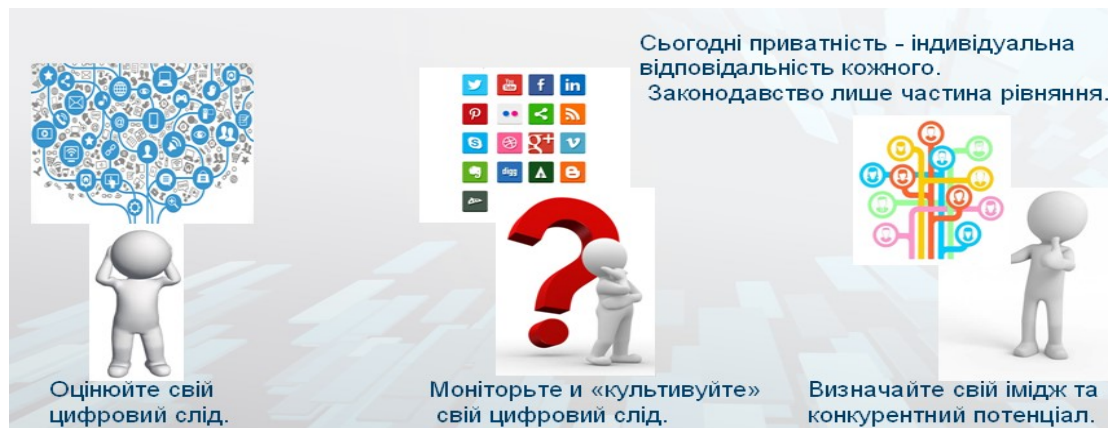


Рис. 3.12. Усвідомлення і моніторинг залишеного сліду

Наведемо приклад впливу наслідків кібератаки, які вразили весь світ. Кілька років тому назад була здійснена вдала спроба призупинити розвиток атомної індустрії в Ірані. Цю спробу здійснили спеціалісти з США та Ізраїлю таким способом. Було помічено, що інженер, який обслуговував та верифікував роботу центрифужних механізмів, що відокремлюють один радіоактивний елемент від іншого на атомній електростанції поблизу міста Бушер, періодично

бере додому комп'ютер, з яким він працює на станції. У застосування, якими користувався цей співробітник вдома, був запущений комп'ютерний вірус, у результаті чого, після спрацювання вірусу на станції, була зупинена робота тисяч центрифуг та атомна програма Ірану була відкинута на декілька років (інформація з інтерв'ю українського журналіста Володимира Ар'єва зі спеціалістом з кібербезпеки України, що трансливалося по телебаченню на початку жовтня 2017 р.).

3.2. Віртуальна та доповнена реальність

Розвиток технологій відображення цифрової інформації створює можливості конструювання віртуальних об'єктів, які людина, сприймаючи, буде наділяти глуздом. Таким чином, частина людських дій може бути перенесена на цифровий рівень, позбавлений ряду принципових обмежень. Так, віртуальні об'єкти не зношуються, потребують відносно малих витрат на виробництво, швидко передаються, копіюються, практично безслідно знищуються. Віртуальним об'єктам через їх виключно цифрову природу може бути вільно додана будь-яка властивість, записана цифровим способом. Наприклад, до віртуальних грошей може бути додана історія їх використання, що виключить можливість т.зв. відмивання грошей. Доповнена реальність передбачає можливість додавати фізичним об'єктам віртуальні властивості, наприклад, відображення інформації про них, яка, до того ж, може бути індивідуалізована під конкретного суб'єкта сприйняття.

В чому різниця між доповненою та віртуальною реальністю, показано на рис. 3.13.

На рис. 3.14. наведено уявлення щодо доповненої реальності, часу, простору та матерії.

Чому навчання з застосуванням доповненої та віртуальної реальності є більш ефективним?

Віртуальне навчання за допомогою AR&VR:

- 10 % від прочитаного засвоюється людиною;
- 20 % від почутого засвоюється людиною;
- 30 % від побаченого засвоюється людиною;
- 50 % від побаченого та почутого засвоюється людиною;
- 70 % почутого від інших при бесіді засвоюється людиною;
- 80 % від відчутого на власному досвіді засвоюється людиною.

Доповнена реальність	Віртуальна реальність
1. Накладення цифрового контенту на реальне середовище	1. Генерований комп'ютером світ і цифрове відтворення об'єктів
2. Користувачі мають можливість відчувати реальне середовище і отримувати додаткову інформацію	2. Користувачі повністю занурені в цифрову реальність
3. Підходить для використання «на місці»	3. Підходять для дистанційного використання
	

Рис. 3.13. Різниця між доповненою та віртуальною реальністю

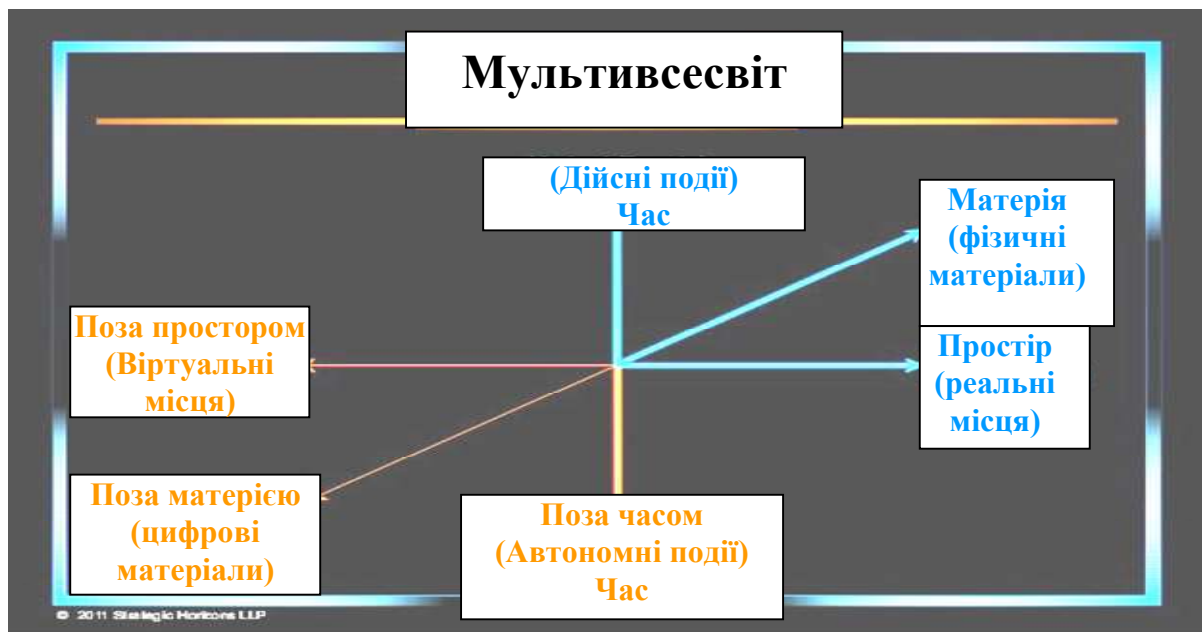


Рис. 3.14. AR&VR і час, матерія та простір



Рис. 3.15. Потенціал застосування доповненої та віртуальної реальності

Упродовж багатьох років викладачі і студенти кафедри ПТМіО НТУ «ХПІ» контактують із Магдебурзьким університетом, кафедрою IFSL (в минулому), кафедрою ILM (зараз) та мають можливість неодноразово відвідувати Fraunhofer Institut «Fabric Antrieb und Automatisierung» (керівник Prof. Dr. Ing. habil Dr.h.c. Майкл Шенк), наприклад, беруть участь у демонстрації ефектів віртуальної реальності за назвою демонстрації «Візуалізація зображень». При цьому всі учасники демонстрації оснащуються відповідними окулярами з 3D-зображеннями і беруть «реальну» участь у складанні сучасної машини для вироблення паперу. Це дійсно дуже вражає і запам'ятовується.

Другий приклад – застосування віртуальної реальності у цьому Fraunhofer Institut у віртуальному виборі місця розташування конкретного об'єкта для розміщення його серед будинків, що вже існують. Причому, все це показують з висоти «пташиного польоту», і точки зйомки різко змінюються. Вплив настільки великий, що людина може втратити свідомість і впасти, якщо не розташована в кріслі.

Практичне застосування технології доповненої реальності

На заводі Volkswagen використовують технологію доповненої реальності та розумні 3D-окуляри.

Німецький виробник автомобілів вирішив впроваджувати технологію доповненої реальності та використовувати розумні 3D-окуляри в заводській логістиці для підвищення безпеки технологічних процесів. Про це компанія заявила на своєму офіційному сайті (рис. 3.16).

Точна модель окулярів нагадує Google Glass. Вони створені передусім для тих робітників, які зайняті у відділі пакування товарів і замовлень.

Розумні окуляри обладнані функцією керування голосом і дотиком. На найбільшому і старому заводі Volkswagen у Вольфсбурзі працюють 60 000 співробітників.

«Цифрові технології дедалі більше проникають у виробництво. Окуляри доповненої реальності виводять взаємодію людини і комп'ютера на новий рівень», – зазначив Райнхард де Вріс (Reinhard de Vries), керівник підрозділу логістики на заводі у Вольфсбурзі.

В компанії заявили, що процес впровадження нової технології проходить поступово. Зараз розумні окуляри використовує лише 30 робітників. Якщо така практика буде успішною, можливо, окуляри будуть застосовуватися і в інших підрозділах.



Рис. 3.16 Робітник фірми Volkswagen з розумними 3D окулярами з технологією доповненої реальності, обладнаними функцією керування голосом та дотиком

Такий девайс зможе підвищити ефективність, оскільки звільняє руки робітників, а вмонтована камера здатна зчитувати штрих-коди, що знизить ймовірність помилок.

Великі підприємства в усьому світі використовують технологію доповненої реальності для складських робіт.

Подібна технологія в логістиці вже була впроваджена в DHL. Менеджер складських приміщень у компанії – Домінік Маас (Dominic Maas) вважає, що використання подібних технологій значною мірою знижує ймовірність помилок і підвищує продуктивність.

Команда *DHL Customer Solutions & Innovation's Trend Research* провела дослідження, яке показало, що технологія доповненої реальності має великий потенціал у логістиці. Дослідження розглядає потенційне застосування AR-технології на різних етапах поставок. Транспортні компанії зможуть отримувати доступ до попереджувальної інформації в будь-якому місці і в будь-який час. Це поліпшить обслуговування клієнтів. У звіті розповідається про те, як можна оптимізувати функціонування складу, транспортування та «останню милю». За допомогою комп'ютерної сенсорної інформації на кшталт графіки або відео можна також підвищити рівень додаткових послуг.

Потенційне застосування в логістиці

Компанія *DHL* планує брати приклад з успішних випадків застосування AR-технології. У плани входить:

Функціонування складу

Покращена видача може стати результатом AR-технології, наприклад, завдяки використанню нашоломних дисплеїв. Цифрова навігація прокладає правильний маршрут до посилки та економить час, заодно зменшуючи можливість помилки і час на навчання.

Ще одна перевага AR-технології – в плануванні на складі. Можна створювати симуляції реального функціонування складу і змінювати планування, визначаючи необхідні модифікації та накладати їх на реальне оточення. Це зменшить витрати на планування і переформатування складу.

Оптимізація транспортування

Доповнена реальність може допомогти перевіряти комплектність посилок, збираючи номери за допомогою просунутої технології розпізнання об'єктів. Також система буде підтверджувати видачу

непошкоджених посилок, економлячи час і легко визначаючи пошкоджені речі.

Все це полегшить роботу з торговельною документацією та правилами міжнародної торгівлі. На автомобілях доставки будуть дисплеї з доповненою реальністю для перегляду завантаженості доріг у режимі реального часу та іншої важливої інформації, що допомагає водієві.

Остання миля

Персонал і водії також можуть використовувати натільні пристрої для перегляду інформації про посилку, наприклад, її вагу, вміст і місце призначення. Це зменшує ризики пошкодження при транспортуванні і завантаженні.

Компанія *DHL* зараз розробляє презентацію доповненої реальності в центрі *Deutsche Post DHL Innovation Center* (м. Тройсдорф, Німеччина), щоб технологія стала більш корисною для споживачів.

Компанія *DHL*, найбільший в світі постачальник логістичних послуг, провела експерименти з використанням доповненої реальності і смарт-окулярів на складі, розташованому в Нідерландах. Натільні гаджети використовувалися для «вибіркового бачення» під час операції складування. В цьому експерименті також взяли участь *Ubimax*, експерт з гаджетів, які носять на тілі, і комп'ютингу, а також компанія *Ricoh*, клієнт *DHL*. Зробити процес комплектування швидшим і скоротити кількість помилок персоналу допомагали зображення, які працівники могли бачити, надівши розумні окуляри.

Пілотний проект показав, що з доповненою реальністю логістика і процес вибору потрібних товарів на складі проходить ефективніше на 25 %.

Пілотний проект

Метою пілотного проекту було отримати інформацію про недоліки і переваги цієї технології. Співробітникам складу, розташованого в Берген-оп-Зом, видали смарт-пристрої, що кріпилися на голові, типу *VuzixM100* і *Google Glass*; працівники складу повинні були носити їх протягом трьох тижнів. Одягаючи такі розумні окуляри, вони бачили інформацію за поставленим їм завданням. Інформація містила такі дані, як кількість, продукт і місце його розташування. Окуляри використовувалися 10 спів-

робітниками, які збирали замовлення. Вони зібрали понад 20 000 одиниць, тим самим зібравши 9000 замовлень у встановлені терміни. Таким чином, робота була виконана набагато швидше і без будь-яких помилок. Зараз компанії Ricoh і DHL оцінюють можливості для спільного впровадження цього підходу в роботу.

Директор з операцій *Ricoh* в Європі, на Близькому Сході і в Африці, Пітер-Елле Ван Дейк сказав: «Ми завжди шукаємо способи для подальшого поліпшення наших процесів з використанням нових технологій, і ми були раді, що *DHL* стала нашим інноваційним партнером в рамках цього пілотного проекту».

Директор з технологій компанії *DHL* в країнах Бенілюксу, Ян-Віллем де Йонг, сказав: «Завдяки використанню цієї технології під час збору замовлень у працівників залишаються вільними руки, що значно підвищує продуктивність. Ця технологія значно допомагає нашим співробітникам і становить цінність для наших клієнтів. Проте це всього лише перший крок у нашому інноваційному шляху, оскільки ми вважаємо, що використання доповненої реальності буде також актуально і для інших каналів поставок».

Доповнена реальність в сфері логістики

У червні 2014 р. команда *DHL Trend Research* опублікувала доповідь за назвою «Доповнена реальність у логістиці». У доповіді наводяться кращі практики і цікаві кейси з використанням технології доповненої реальності. У доповіді показано, як можна використовувати можливості техніки з доповненою реальністю для роботи на складах, а також розповідається про те, як додатки з доповненою реальністю могли б поліпшити роботу під час доставки товарів, при наданні додаткових видів послуг і транспортуванні.

У майбутньому компанія *DHL* планує дослідити, як і в яких сферах використання доповненої реальності може бути економічно доцільним. *DHL* також відкрита до співпраці з компаніями, які також зацікавлені в дослідженні цієї теми.

Постійне розширення сегмента електронної комерції стимулює розвиток логістичної галузі. На думку експертів, протягом найближчих років остання серйозно зміниться. Такої точки зору, зокрема, дотримуються аналітики німецької компанії *DHL*, яка також є одним з лідерів світового логістичного ринку. Вивчивши інновації та тенденції, вони опублікували

прогноз про те, як завдяки шести різним технологіям логістична галузь перетвориться до 2030 р.

Доповнена реальність

Логістична компанія успішно провела випробування, що стосуються використання окулярів доповненої реальності складським персоналом при роботі з товарами. Ці окуляри можуть сканувати бар-коди, показують списки товарів для завантаження, а також місця розташування вантажів. Керівництво *DHL* розглядає питання оснащення такими окулярами персоналу на своїх складах по всій Європі, США та Азії.

Таким чином, можна сказати, що людство вже не може зупинитись і не використовувати досягнення останніх років, які ведуть до підвищення якості життя.

Однак при цьому зростають ризики життєдіяльності і можливий колапс світової системи. Найбільшу небезпеку для людства в майбутньому створить об'єднання роботів та штучного інтелекту. В цю тематику вкладають величезні гроші всесвітньо відомі фірми, такі як Google, Microsoft та ін.

Більш того, хоча штучний інтелект ще не створено, в Об'єднаних Арабських Еміратах засновано Міністерство штучного інтелекту і міністром призначений молодий емір.

Роботи замінюють багатьох працівників нині, навіть таких, як поліцейські та диригенти симфонічних оркестрів. За останні роки зникли тисячі професій, і цей перелік зникаючих професій зростає. Збільшується кількість безробітних, що призведе до напруженості в суспільстві. Це все вже багато разів відбувалося. Наприклад, застосування верстатів з ЧПУ призвело до скорочення тисяч і тисяч верстатників. Другий приклад застосування методу виготовлення моделей «Rapid Prototyping» спричинило звільнення тисяч робітників та бунти в Індії і т.п. Продуктивність праці настільки зростає, що багато мільйонів робітників не будуть потрібними. Керівництво декількох розвинутих держав, наприклад, Австрії, вже зустрілося з такою проблемою і запропонувало непрацюючим громадянам деяке грошове забезпечення, але сумлінні австрійці відмовились, а у французів – переміщені особи з північної Африки – вже третє покоління не працює і отримує грошову допомогу.

Деякі ознаки цього з'являються на Україні. Вже 4,5 млн сімей отримують дотацію на комірне, більшість населення України, за даними Юнеско, знаходиться за межею бідності.

Щоб не перетворити квітучу страну Україну в державу 3-го світу, або як кажуть французи: «державу на шляху розвитку», потрібно вистояти в цьому бурхливому світі.

Для цього потрібні негайні вливання в науку, сприятливий інвестиційний клімат. Сподіваємося, що так і буде. Щоб не відбувся похмурий сценарій, кожний революційний винахід повинен розглядатися з точки зору можливих негативних наслідків.

Щоб не прийшлося винахідникам, чиї творіння викликали черговий негативний вплив, казати «Тепер ми усі сучі діти». Цей вислів належить одному з винахідників атомної бомби і він це висловив, проглянувши результати натурного випробування атомної бомби на полігоні штата Невада (США).

Софія (англ. *Sophia*) – людиноподібний робот у вигляді жінки (гіноїд), що був розроблений гонконзькою компанією *Hanson Robotics* і набув досить високої популярності у медіа за рахунок антропоморфності (за основу її зовнішності було взято акторку Одрі Гепберн), спектра мімічних реакцій із 60-ти емоцій та неоднозначних висловлювань під час публічних дискусій. Західні експерти заперечують, що робота можна назвати штучним інтелектом. За словами керівника лабораторії штучного інтелекту компанії Facebook, робот Софія – це чат-бот, який за допомогою технології розпізнавання мови Google визначає питання за ключовими словами і підбирає найбільш слушну відповідь із визначеної бази. Нейронна система робота працює на рівні «миші», навіть не «щура», і до нейронної системи людини ще дуже далеко.

3.3. Великі дані (Big Data)

3.3.1. Загальні поняття

Сучасний світ знаходиться на межі четвертої промислової революції – передбачуваного переходу до Індустрії 4.0. Це поняття означає впровадження в масове використання ряду інноваційних технологій (див. рис. 3.2).

Багато технологій, перехід до яких передбачає Індустрія 4.0, раніше описані в цій книзі: інтернет речей розглянуто в розділі 1.10. Інтернет речей у логістиці (The Internet of Things), моделювання описано в розділі 2.4. Планування на основі моделювання, кібербезпека розглянута в розділі 3.1. Захист інформації від кібератак при збереженні конфіденційності, віртуальна та доповнена реальність описані в розділі 3.2. Віртуальна та доповнена реальність.

У цьому розділі розглядається технологія Big Data, також відома як «великі дані».

В україномовному середовищі поряд із терміном Big Data, використовується поняття «великі дані». Термін «великі дані» є дослівним перекладом англomовного терміна, який не слід розуміти дослівно, адже не можна провести чітку межу, після якої починаються саме «великі» дані – від 10 Мбайт або від 10 Тбайт.

Існує усталена думка, що великі дані – це сукупність технологій, що покликані здійснювати три операції. По-перше, обробляти великі порівняно зі «стандартними» сценаріями обсяги даних. По-друге, вміти працювати із даними, що швидко надходять у дуже великих обсягах. Тобто даних не просто багато, а їх постійно стає дедалі більше. По-третє, вони повинні вміти працювати зі структурованими і погано структурованими даними паралельно в різних аспектах.

Таким чином, найбільш повним буде таке визначення. Великі дані – серія підходів, інструментів і методів обробки структурованих і неструктурованих даних величезних обсягів і значного різноманіття, ефективних в умовах безперервного приросту даних та їх розподілу по численних вузлах обчислювальної мережі з метою отримання доступних для сприйняття людиною результатів.

Надалі великими даними будуть називатись як самі дані, так і інструменти для роботи з ними. Також варто розглянути основні ознаки великих даних, які часто позначають аббревіатурою VVV (рис. 3.17).

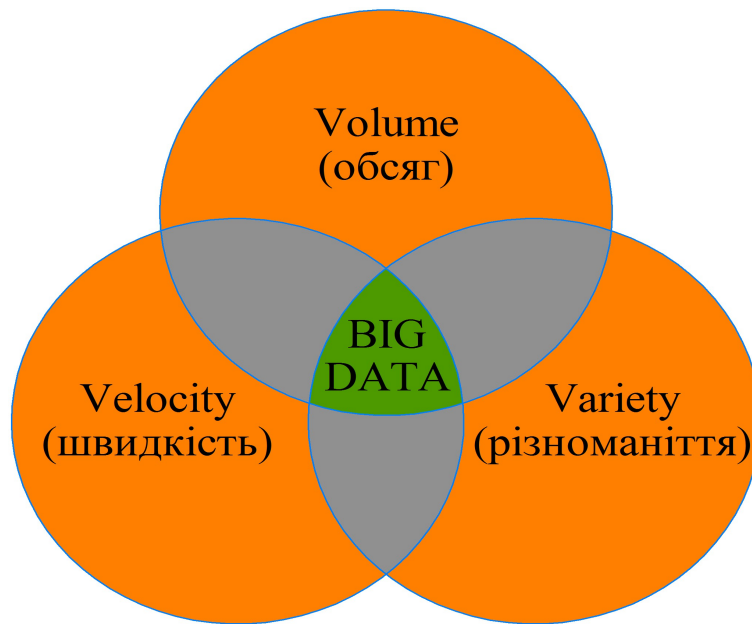


Рис. 3.17. Ознаки великих даних VVV

Перша ознака, *volume* (обсяг), свідчить про те, що великі дані мають великий обсяг. Коли інформація починає займати терабайти і петабайти простору на сховищах даних, її обробка потребуватиме особливих підходів. Якщо намагатися обробляти й аналізувати великі дані так само, як інформацію менших обсягів, це буде потребувати таких колосальних обчислювальних потужностей, що їх використання буде просто комерційно не-вигідним.

Друга ознака, *variety* (різноманіття), свідчить про те, що великі дані складаються з інформації найрізноманітніших типів. Це не тільки текстова інформація, яка сама по собі досить різноманітна, але і аудіо, відео, а також графічні зображення. Класичні бази даних і програми для взаємодії з ними спроектовані так, щоб працювати з числами та текстом, згрупованими в таблиці, але далеко не всю інформацію про реальний світ, результати наукових експериментів та ін. можна структурувати таким чином. Для таких випадків і потрібні технології великих даних.

І, нарешті, третя ознака, *velocity* (швидкість), вказує на те, що алгоритми роботи великих даних повинні бути досить ефективними і, як наслідок, швидкими. Оскільки великі дані

об'ємні, різноманітні і постійно поповнюються, їх швидка обробка вкрай важлива.

Об'єднавши обсяг, різноманіття і швидкість, ми отримаємо дані, робота з якими потребує такого рівня гнучкості бази даних, якого важко або навіть неможливо досягти, використовуючи тільки звичайні і поширені технології. Якщо дані змінюються або змінюється те, що ці дані описують, або потрібно об'єднати дані з інформацією, отриманою з іншого потоку або сховища даних, необхідно повністю змінити структуру сховища і принципи роботи з такими даними.

3.3.2. Історична довідка

Якщо зануритися в історію великих даних, то виявиться, що передумови до формування цього комплексу технологій з'явилися досить давно. За версією одного з авторів *Forbes*, відправною точкою можна вважати 1944 рік, коли американський бібліотекар Фремонт Райдер (Fremont Rider) опублікував свою роботу «Вчений та майбутнє наукової бібліотеки» («The Scholar and the Future of the Research Library»). Там він зазначив, що фонди університетських бібліотек в Америці збільшуються в два рази кожні 16 років і до 2040 р. бібліотека Єльського університету буде містити близько 200 млн книг, для зберігання яких знадобиться майже 10 км полиць.

Згідно з іншою думкою, усвідомлення проблеми занадто великої кількості даних прийшло раніше, ще в 1880 р. в тій же Америці, коли обробка інформації і подання даних перепису населення в таблиці зайняло 8 років. При цьому, за прогнозами, обробка даних перепису 1890 р. зайняла б ще більше часу, і результати не були б готові навіть до проведення нового перепису. Тоді проблему вирішив табулятор (обчислювальна машина, яка працює з перфокартами), винайдений Германом Холлеритом (Herman Hollerith) у 1881 р.

Сам термін Big Data був уперше (за даними електронної бібліотеки Association for Computing Machinery) уведений в 1997 р. Майклом Коксом (Michael Cox) і Девідом Еллсвортом (David Ellsworth). А в 1998 р. керівник дослідницьких робіт у SGI Джон Меші (John R. Mashey) на конференції USENIX використав термін Big Data в його сучасному вигляді.

3.3.3. Сфери застосування

Типовий приклад великих даних – це інформація, що надходить з різних фізичних експериментальних установок – наприклад, з Великого адронного колайдера, який створює величезну кількість даних і робить це постійно. Установка безперервно видає великі обсяги даних, а вчені за їх допомогою вирішують паралельно безліч завдань.

Поява великих даних у публічному просторі була пов'язана з тим, що ці дані торкнулися практично всіх людей, а не тільки наукового співтовариства, де подібні завдання вирішуються давно. У публічну сферу технології Big Data вийшли, коли мова стала йти про цілком конкретне число – кількість жителів планети. Мільярди людей збираються на YouTube, Facebook, Instagram та інших проектах, а кількість операцій, які вони здійснюють одночасно, величезна. Потік даних у цьому випадку – це дії користувача на сайті. Під їх обробкою розуміється не тільки інтерпретація, але і можливість правильно обробити кожен з цих дій, тобто помістити її в потрібне місце і зробити так, щоб ці дані були швидко доступні кожному користувачу, оскільки затримки в соціальних мережах неприпустимі.

Одним із прикладів того, як подібні сайти можуть використовувати великі дані, є сервіс Facebook за назвою Topic Data («Дані за темою»). Ця послуга дозволяє маркетологам дізнатися ставлення аудиторії до певних тем, подій, торговельних марок та ін. Наприклад, магазин може дізнатися, які товари користувачі обговорюють найчастіше, щоб додати їх у свій асортимент. При цьому дані надаються в узагальненому вигляді, без вказівок конкретних імен користувачів, що допомагає зберегти їх приватність та анонімність.

Великі дані також активно використовуються разом з інтернетом речей. Дедалі більше входять в моду речі, які обслуговують завдання людини та бізнесу і збирають велику кількість інформації, яку необхідно аналізувати.

Наприклад, фітнес-браслети і розумні годинники (електронні пристрої, що за формою нагадують звичайні годинники та браслети (рис. 3.18)), збирають такі дані про свого власника: яку пройдено ним за день відстань, серцевий ритм, артеріальний тиск,

а в перспективі навіть рівень цукру в крові. Аналізуючи ці дані, можна визначити загальну фізичну форму, рівень активності і стан здоров'я користувача пристрою.



Рис. 3.18. Сучасний розумний годинник

Для підприємств доступна можливість відстеження розташування службових автомобілів за допомогою встановлених у них GPS-трекерів (рис. 3.19). Ці дані, зокрема, можуть допомогти програмі розподілити завдання і прокласти маршрути так, щоб підвищити продуктивність праці кожного водія, а також заощадити паливо і ресурс автомобіля.



Рис. 3.19. Автомобільний GPS-трекер

Також великі дані перетинаються з різними технологіями зі сфери розробки програмного забезпечення. Наприклад, для аналізу великих даних часто використовуються програми,

розроблені за принципом машинного навчання, тобто здатні формувати й удосконалювати алгоритми своєї роботи в процесі вирішення безлічі однотипних завдань.

Департаменти інформатизації наймають велику кількість аналітиків даних, тому що накопичується дуже багато статистики щодо людей, яка складається з багатьох критеріїв (тобто про кожну людину, про кожну групу людей зібрана статистика за значною кількістю критеріїв). У цих даних потрібно знаходити закономірності і тенденції. Для таких завдань необхідні математики з ІТ-освітою, тому що в кінцевому підсумку дані зберігаються в структурованих базах даних, і треба вміти до них звертатися й отримувати інформацію.

Раніше ми не розглядали великі дані як задачу з тієї простої причини, що не було місця їх зберігання і не було мереж для їх передачі. Коли ці можливості з'явилися, дані миттєво заповнили собою весь наданий їм об'єм. Але як би не розширювали пропускну здатність і здатність до зберігання даних, завжди знайдуться джерела, припустимо, фізичні експерименти або експерименти з моделювання обтічності крила, які будуть надавати більше інформації, ніж ми можемо передати. Продуктивність сучасних паралельних обчислювальних систем стабільно зростає, збільшуються і швидкості мереж передачі даних. Однак дані потрібно вміти швидко зберігати й отримувати з носія (жорсткого диска та інших видів постійної пам'яті), і це ще одна задача в обробці великих даних.

3.3.4. Розподілені обчислення

Обсяги великих даних, з якими доводиться працювати на сучасному етапі розвитку технологій, можуть сягати кількох петабайтів. Для обробки таких обсягів даних необхідні комп'ютери, що мають виняткову обчислювальну потужність.

Найбільш очевидним способом отримання цієї потужності є нарощування продуктивності одного конкретного комп'ютера аж до перетворення його в суперкомп'ютер. Однак такий підхід має істотний мінус – потужність окремо взятого комп'ютера завжди буде обмежена поточним розвитком технологій.

Для отримання системи, продуктивність якої можна необмежено масштабувати, використовується технологія розподілених обчислень. Вона передбачає, що обчислення проводяться паралельно на декількох комп'ютерах, об'єднаних в одну обчислювальну систему. Така система комп'ютерів, з'єднаних високошвидкісними каналами зв'язку, називається кластером. Високопродуктивні кластери є окремим видом суперкомп'ютерів, які називаються грід (від англ. Grid – решітка, мережа).

Модель розподілених обчислень, яку часто використовують для роботи з великими даними представлена компанією Google парадигма MapReduce,. Її назва сформована з двох кроків, що входять в цю модель: Map і Reduce (рис. 3.20).

На Map-кроці відбувається попередня обробка вхідних даних. Для цього один із комп'ютерів (головний вузол) отримує вхідні дані задачі, розділяє їх на частини і передає іншим комп'ютерам (робочим вузлам) для попередньої обробки.

На Reduce-кроці відбувається згортання попередньо оброблених даних. Головний вузол отримує відповіді від робочих вузлів і на їх основі формує результат – розв'язок задачі, яка була сформульована на початку.

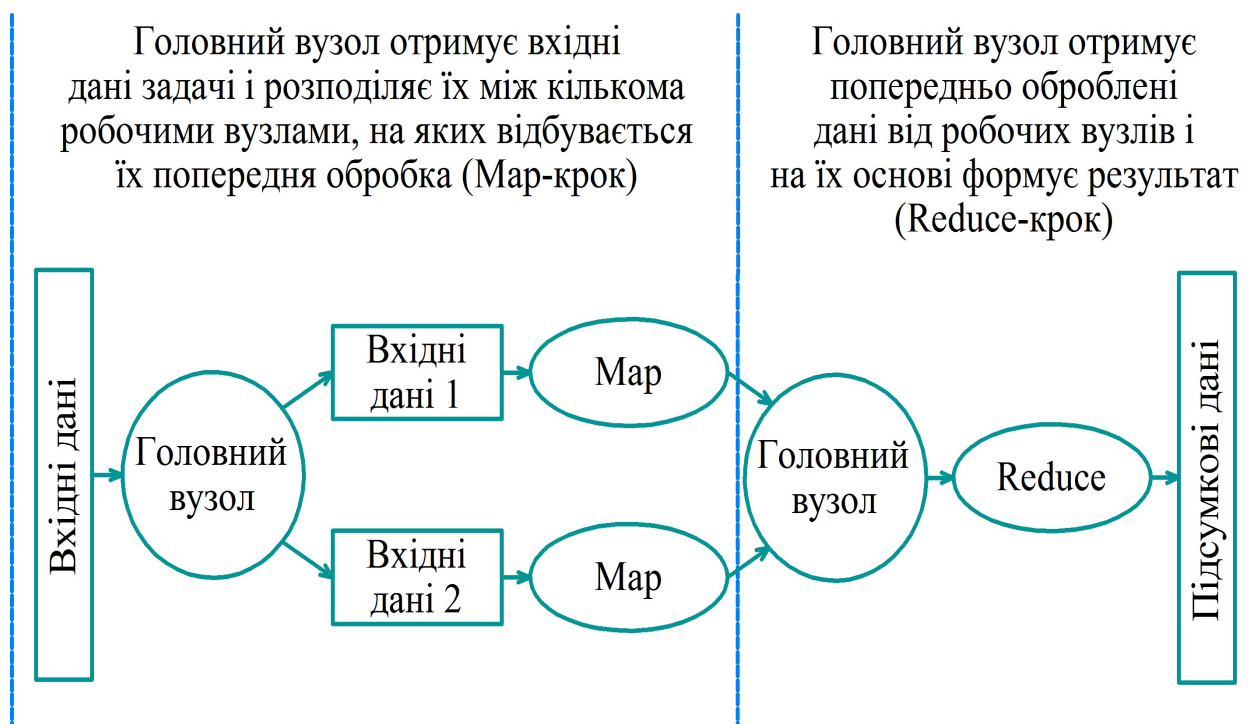


Рис. 3.20. Розподілені обчислення згідно з моделлю MapReduce

Мар-крок може виконуватися паралельно на великій кількості робочих вузлів, обмеженій тільки джерелом вхідних даних. Більш того, Reduce-крок також можна виконати паралельно на декількох комп'ютерах, об'єднавши після цього результати їх роботи за допомогою одного загального Reduce-кроку. Така архітектура дає широкі можливості щодо масштабування кластера, на якому виконується обробка великих даних за моделлю MapReduce.

3.3.5. Машинне навчання і великі дані

Машинне навчання детально розглядається у розділі 3.4. Машинне навчання (Machine Learning), тому в контексті великих даних надаються лише основні поняття для розуміння зв'язку цих двох напрямів інформаційних технологій.

Для аналізу великих даних часто використовуються алгоритми, засновані на машинному навчанні. Машинне навчання (англ. Machine Learning) – клас методів штучного інтелекту, характерною рисою яких є не пряме розв'язання задачі, а навчання в процесі вирішення безлічі схожих завдань. Таким чином, заснована на машинному навчанні програма не потребує жорсткого програмування своєї поведінки, а навпаки, здатна самостійно навчатися, формуючи і покращуючи свої алгоритми.

На практиці це виглядає так (рис. 3.21). Програма, що навчається, отримує якийсь набір одиниць даних, які відповідають певній закономірності. Вивчивши цей набір, програма складає модель цієї закономірності, тобто набір критеріїв, за якими алгоритм зможе визначити, виконується в конкретній одиниці даних шукана закономірність чи ні. Надалі, застосовуючи цю модель вже до нового та випадкового набору даних, програма здатна знайти в ньому ті одиниці даних, в яких закономірність виконується.

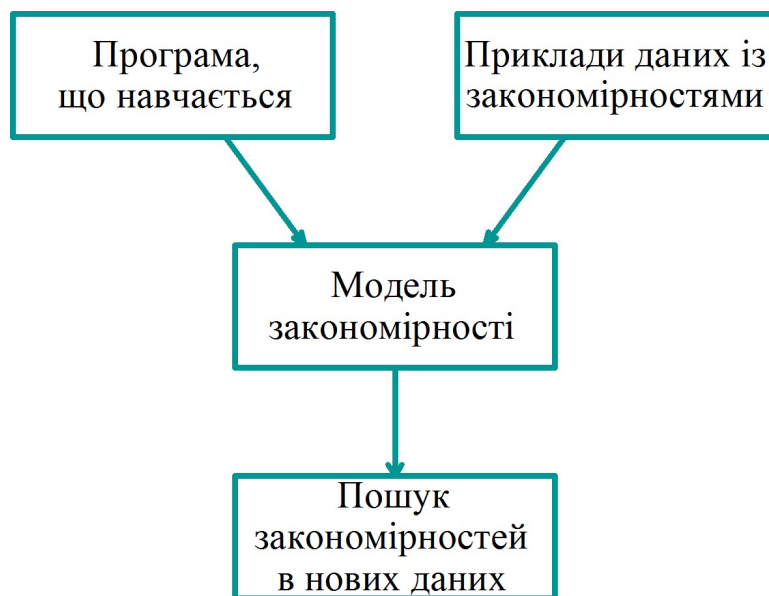


Рис. 3.21. Алгоритм навчання програми

Найпростіший приклад використання такого способу машинного навчання – розпізнавання відсканованого або рукописного тексту. Для цього програмі пропонуються кілька варіантів зображення однієї і тієї ж літери, на основі яких формується модель закономірності, за якою програма здатна розпізнати цю літеру, навіть написану раніше невідомим їй способом (шрифтом). Чим більше варіантів написання буде дано програмі для навчання, тим ефективніше програма зможе розпізнавати нові варіанти, оскільки з більшою ймовірністю вони будуть схожі на вже відомі їй.

Так само за допомогою машинного навчання можна працювати і з великими даними, виявляючи закономірності, наприклад, у текстах коментарів у соціальних мережах або в численних результатах наукових експериментів.

3.3.6. Інструменти для роботи з великими даними

Для роботи з великими даними існує безліч професійних інструментів, що в більшості своїй є програмними продуктами.

В першу чергу, це програмне забезпечення, призначене для організації розподілених обчислень, в тому числі і за моделлю MapReduce. До цієї категорії належить як однойменний продукт від Google, так і проект Hadoop, розроблений компанією *Apache*

Software Foundation. До екосистеми Hadoop також входить програмний продукт Spark, який реалізує більш специфічні методи розподілених обчислень, що дають приріст продуктивності в деяких завданнях.

Як альтернатива розгортанню власних кластерів для здійснення розподілених обчислень виступають хмарні обчислення. Фактично, ця технологія дозволяє «орендувати» обчислювальні потужності у великої компанії та отримувати до них доступ через Інтернет, а не купувати комп'ютери за їх повну вартість. Крім того, подібні сервіси надають особливі інструменти для роботи з великими даними. Наприклад, *Microsoft Azure HDInsight* дозволяє організувати на хмарному кластері екосистему Hadoop, а *Azure Machine Learning* дає можливість швидко розгортати в хмарі передбачувальні моделі машинного навчання, при цьому навіть не вимагаючи глибоких знань з математики.

Для зберігання великих даних потрібні також спеціальні бази даних і системи керування базами даних (СКБД). Реляційні бази даних, що використовуються в більшості рядових завдань, засновані на таблицях, які пов'язані одна з одною зовнішніми ключами, але для використання в рамках технології великих даних вони не завжди придатні, тому що їх не можна масштабувати, просто додавши новий комп'ютер в кластер, на якому вони зберігаються. Крім того, реляційні бази даних показують незадовільну продуктивність при виконанні складних запитів.

Через це були розроблені нові підходи до зберігання даних, що задовольняють вимогам Big Data. Оскільки в реляційних СКБД для доступу до даних використовується мова запитів SQL, сукупність нових підходів назвали NoSQL (від англ. Not only SQL – не тільки SQL). До NoSQL СКБД належать HBase, MongoDB, OrientDB і багато інших.

Однак варто зазначити, що з великими даними також продовжують використовуватися СКБД, що підтримують SQL, наприклад, Apache HIVE. Вони зручні для розробників, які раніше ніколи не працювали з NoSQL, тому що дозволяють їм займатися великими даними без перенавчання. Крім того, Apache HIVE сумісна з екосистемою Hadoop.

Ще одним важливим інструментом для аналізу великих даних є різноманітні бібліотеки, що допомагають писати

програми, засновані на машинному навчанні. Багато таких бібліотек безкоштовні і мають відкритий вихідний код. Велику популярність має розроблена Google бібліотека для мови програмування Python, що називається TensorFlow. Зараз існують реалізації цієї бібліотеки і для інших мов програмування.

3.3.7. Таргетована реклама на основі аналізу великих даних

Таргетована (націлена, персоналізована) реклама – це рекламні оголошення, що показуються лише певним учасникам (цільовій аудиторії), згрупованим відповідно до здійснюваних ними дій в Інтернеті. Одним із прикладів такої реклами є випадки, коли користувач, який нещодавно шукав у Google певний товар, починає бачити оголошення про його продаж на різних сайтах.

Соціальні мережі, такі як, наприклад, Facebook, дозволяють рекламодавцям обрати аудиторію, якій буде показуватися те чи інше рекламне оголошення. При налаштуванні націленості такої реклами на певних користувачів соціальної мережі можна не тільки обрати їх стать та місце проживання, а навіть і вік їхніх дітей.

Однак не завжди прості факти, такі як стать, вік та ін., дозволяють точно виявити інтереси і потреби людини. Для цього необхідно скласти модель її особистості. Великі дані є одним із шляхів для цього, оскільки технології обробки та аналізу великих обсягів інформації дозволяють, в тому числі, досліджувати активність людини в соціальних мережах і робити висновки про її психологічні якості. Подібне використання великих даних також називають психометричним аналізом.

Розглянемо одну з найпопулярніших моделей особистості – «Велику п'ятірку». Ця модель також зустрічається за назвою OCEAN – це абревіатура, складена з перших букв англійських назв рис характеру, ступінь вираженості яких у людини описує ця модель: відкритість до досвіду (openness to experience), сумлінність (conscientiousness), екстраверсія (extraversion), доброзичливість (agreeableness), а також нейротизм (neuroticism). Вираженість або невираженість кожної з цих рис. певно характеризує особистість людини (рис. 3.22).

Модель особистості «Велика п'ятірка»

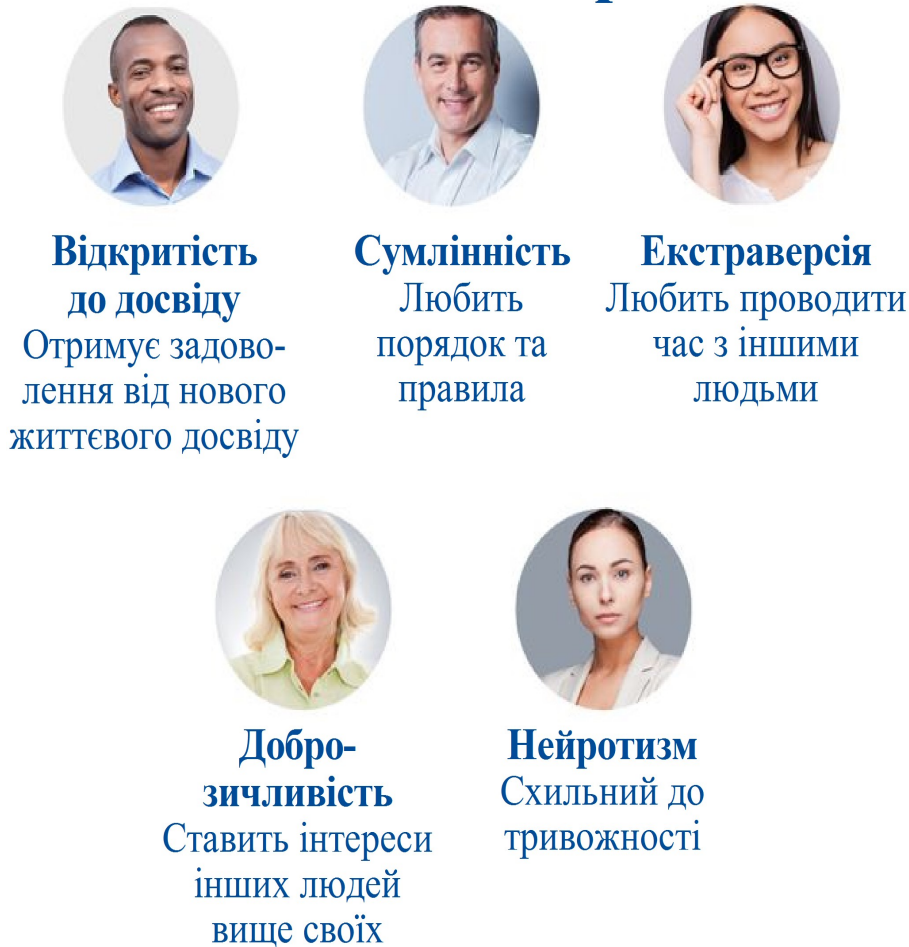


Рис. 3.22. Риси характеру, що входять у модель особистості «Велика п'ятірка»

Відкритість до досвіду показує, наскільки людина оригінальна, відкрита для всіляких стимулів, наскільки широке коло її інтересів і наскільки вона готова до ризику. Люди, відкриті до досвіду, можуть отримати перевагу в сферах, де відбувається швидка зміна обставин, де потрібні нововведення або є необхідність брати на себе суттєві ризики. Щоб ця риса працівника виявилася в творчій та інноваційній поведінці, організація має забезпечити безперешкодне впровадження інновацій. Крім того, треба якнайширше визначити посаду і посадові обов'язки, щоб відкритість до досвіду могла служити народженню нових ідей. Підприємці, яких характеризують як любителів ризику, нерідко

відкривають власну справу тому, що великі організації, в яких вони працювали, накладали на їх дії занадто багато обмежень, лише незначно заохочуючи до ризику і нововведень. Хоча відкритість до досвіду, безумовно, є перевагою і в сфері підприємництва, і в сферах, де необхідні нововведення, все ж організаціям також потрібні люди, які чітко виконували б свою роботу і не дуже багато вільнодумствували. До того ж організації часом побоюються брати співробітників, які могли б досягти успіху завдяки ризикам.

Сумлінність – це те, наскільки людина обережна, скрупульозна і завзята. Люди з високим ступенем сумлінності організовані і дуже дисципліновані. Людям із низьким ступенем сумлінності може бракувати цілеспрямованості та самодисципліни. Сумлінність важлива у багатьох сферах діяльності і вважається хорошим предиктором якісного виконання роботи в багатьох сферах діяльності. Роджер Салквіст (Roger Salquist), підприємець і керівник успішної компанії *Calgene Incorporated*, відомий своєю пунктуальністю. Наприклад, у спробі домогтися схвалення Управління продовольства і медикаментів США (FDA) для своїх генетично змінених томатів Салквіст зробив більше двадцяти п'яти поїздок у Вашингтон, округ Колумбія, невтомно забезпечуючи управління та інші установи всілякими науковими матеріалами, які він зміг роздобути на підтримку безпеки своїх помідорів. Сумлінність Салквіста окупилася сповна, оскільки управління ухвалило, що для таких генетично змінених продуктів не потрібно ніяких спеціальних етикеток і тестових випробувань.

Екстраверсія, або позитивний емоційний настрій – це риса характеру, завдяки якій людина відчуває позитивні емоції, добре почуває себе в соціумі і думає про оточуючих у позитивному світлі. Екстраверти – люди з високим показником екстраверсії, зазвичай вони товариські, м'які і доброзичливі. Інтроверти – люди з низьким показником екстраверсії, вони відчувають менше позитивних емоцій і гірше взаємодіють з іншими людьми. На роботі екстраверти частіше, ніж інтроверти, відчувають позитивні емоції та задоволення від своєї роботи, і в цілому їх думку про організацію та оточуючих людей можна охарактеризувати як позитивну. Екстраверти швидше йдуть на контакт із товаришами по службі. Вони можуть відмінно

працювати там, де потрібні часті контакти з людьми, наприклад, у сфері продажів або в сфері обслуговування клієнтів.

Доброзичливість – це риса, що ставить людину між тими, хто добре ладить з іншими людьми, і тими, хто ладнає з людьми погано. Приємність у спілкуванні в цілому і здатність думати про інших характерні для людей з високою доброзичливістю. Люди з низькою доброзичливістю незговірливі, недовірливі, часто грубі, вони не вміють співчувати і не люблять бути в колективі. Низький ступінь доброзичливості може бути корисним у таких професіях, які вимагають від людини незговірливості, наприклад, збирач податків або сержант, який муштрує роту. З доброзичливими людьми в цілому легко знайти спільну мову, вони «командні гравці». Доброзичливість може бути цінною якістю в сферах, де потрібно налагоджувати добрі стосунки з людьми.

На відміну від екстраверсії, нейротизм, або негативний емоційний настрій, свідчить про те, що людина схильна до негативних емоцій, депресії і в цілому сприймає саму себе і оточуючих негативно. Люди, які великою мірою схильні до нейротизму, частіше за інших відчують негативні емоції та переживають тривалий стрес з різних приводів. Часто термін «невротик» використовується в засобах масової інформації і популярних виданнях стосовно людей із психологічними проблемами. Насправді нейротизм – це риса характеру, яка тією чи іншою мірою властива всім нормальним і психічно здоровим людям. Люди з високим ступенем нейротичності часто більш критичні до себе і до своєї роботи, ніж ті, у кого цей показник нижчий. Ця властивість дозволяє їм працювати краще за інших, і тому вони здатні проявити себе в сферах контролю якості, де необхідні критичне мислення і вміння давати критичну оцінку. Люди з високим показником нейротизму можуть впливати на колег, вказуючи на недоліки спільно прийнятого рішення. Люди з низьким ступенем нейротизму рідко відчують негативні емоції і не настільки критичні і песимістичні, як їх високонейротичні колеги.

Всі ці риси характеру присутні у кожної людини певною мірою, але можна визначити найбільш виражену, яка має найсуттєвіший вплив на рішення, що приймаються цією людиною, на її поведінку і смаки.

Для виявлення такої риси, а також співвідношення інших рис можна використати спеціальні опитування. Найбільш відомі такі реалізації «великої п'ятірки»:

найпопулярніший, найбільш широко використовуваний опитувальник NEO PI розробляється з 1980-х років американськими психологами П. Коста і Р. МакРae (Paul T. Costa Jr., Robert R. McCrae). З 1992 р. представлений версіями NEO PI-R (260 запитань) і NEO FFI (скорочений, 60 запитань);

IPIP Big-Five Factor Markers (50 і 100 запитань), IPIP NEO PI-R (120 і 300 запитань) – вільні для некомерційного використання реалізації шкал «великої п'ятірки» з International Personality Item Pool. IPIP NEO PI-R пропонується як аналог комерційного NEO PI;

The Big Five Inventory, BFI (Dr. Oliver P. John і колеги) – один з останніх методів тестування, використовує як стимульний матеріал фрагменти пропозицій. Доступний онлайн для некомерційного використання;

професійні особистісні опитувальники OPQ/OPQ32 (Occupational Personality Questionnaires) компанії SHL. Один із перших комерційних інструментів «великої п'ятірки», використовується при підборі персоналу для оцінки потенціалу різних категорій співробітників;

особистісний опитувальник Хогана HPI (Hogan Personality Inventory) – один з елементів міжнародної системи інструментів оцінки Hogan, використовується при підборі й оцінці персоналу.

Необхідно враховувати, що навіть люди, які ведуть однаковий спосіб життя, можуть мати різні домінуючі риси характеру (рис. 3.23). Наприклад, люди з однаковим рівнем доходу, що користуються послугами одного і того ж банку, харчуються тільки органічною їжею і читають один і той самий журнал, найбільш виражену рису характеру можуть мати як екстраверсію, так і нейротизм.

Люди з однаковими поверхневими ознаками мають різні риси характеру

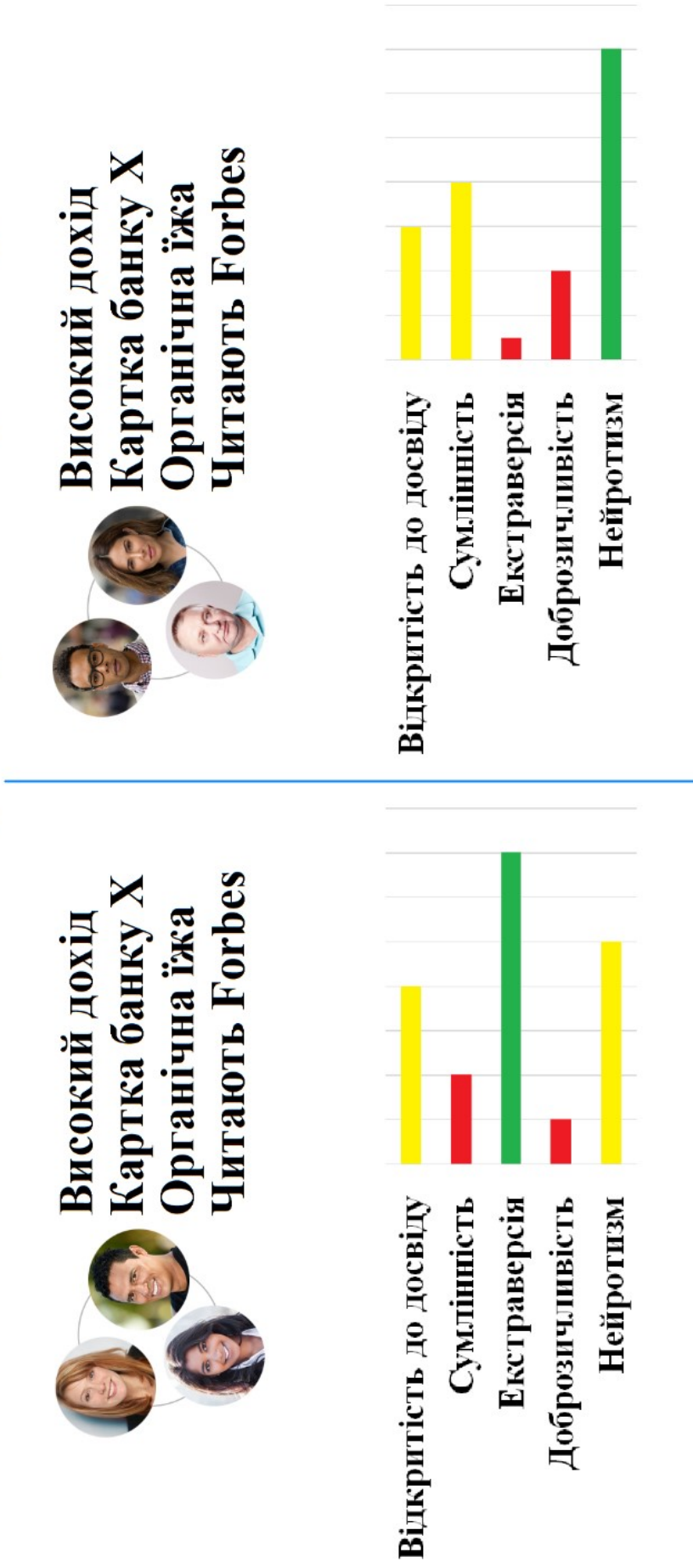


Рис. 3.23. Вираженість різних рис характеру у людей з однаковими поверхневими ознаками

Тому при створенні таргетованої реклами найбільш ефективно буде спиратися саме на риси характеру, а не на поверхневі ознаки і спосіб життя людини.

Розглянемо як приклад створення таргетованої реклами автомобіля для кожної з двох груп людей: з вираженою екстраверсією і з високим нейротизмом.

Люди з високим ступенем екстраверсії люблять веселощі і розваги. Вони говірки, сповнені ентузіазму, соціалізовані, дуже часто вони стають формальними і неформальними лідерами.

Для того щоб переконати їх придбати товар, необхідно розмовляти з ними в позитивному й енергійному тоні. Товар повинен дозволяти їм бути попереду всіх, а досвід від його використання необхідно описати як веселий, захоплюючий і той, що приносить задоволення.

Реклама повинна бути виконана в енергійному стилі. У випадку з автомобілем потрібно показати його в русі, а також продемонструвати його інноваційний дизайн (рис. 3.24).

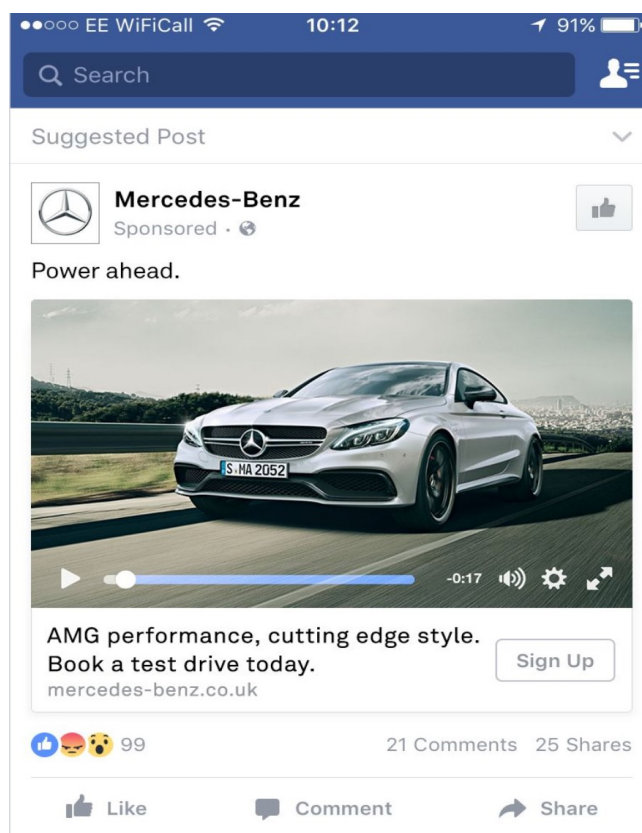


Рис. 3.24. Таргетована реклама автомобіля, що підкреслює його високу потужність та інноваційний дизайн

В свою чергу люди з вираженим нейротизмом дуже чутливі і часто відчують занепокоєння. Ця група людей не довіряє рекламі, що не спирається на стабільність і надійність. Вони несприйнятливі до фраз, що виглядають несерйозними або підштовхують до імпульсивної поведінки.

З такими людьми необхідно розмовляти в емоційному, але впевненому тоні. Їм необхідно описати переваги продукту, підкреслюючи їх словами, що привертають увагу. Візуальна частина реклами, націленої на людей з високим нейротизмом, також має підкреслювати надійність і безпеку продукту, спираючись на чутливість потенційного покупця.

Реклама автомобіля, орієнтована на таких людей, повинна спочатку описувати ризики і небезпеки, з якими водій стикається на дорозі, а потім пояснювати, як рекламований автомобіль захищає від них. Можна підкреслити високу пасивну безпеку автомобіля або ж сучасні електронні системи допомоги при водінні, що дозволяють уникати аварій (рис. 3.25).



Рис. 3.25. Таргетована реклама автомобіля, що підкреслює його безпеку і здатність уникати ДТП

3.3.8. Використання великих даних у передвиборній кампанії

Іншою сферою застосування таргетованої реклами, заснованої на аналізі великих даних, є вибори. Відомо, що Дональд Трамп, перемога якого на виборах президента США 2016 р. виявилась несподіванкою для багатьох експертів, у своїй передвиборній кампанії користувався послугами фірми, що займається створенням персоналізованої реклами на основі результатів психометричного аналізу великих даних.

Особливістю передвиборної кампанії Дональда Трампа було постійне відстежування змін інтересів електорату, щоб ефективно взаємодіяти з ним за допомогою реклами (рис. 3.26, а).

Робота з електоратом була безперервним процесом. Проводилися дослідження електорату, за допомогою моделювання він поділявся на різні сегменти і з кожним із них велася активна взаємодія за допомогою ефірної та адресної телевізійної реклами, а також через рекламу в Інтернеті. При цьому формувалися проміжні звіти як на етапі дослідження, так і на етапі випуску реклами, заснованої на цих дослідженнях, що дозволяли відстежувати ефективність агітації.

Дослідження являли собою опитування, які щотижня проходили близько 1500 осіб з кожного штату. Опитування проводилися й аналізувалися за певними принципами (рис. 3.26, б).

Опитування проходила розщеплена вибірка респондентів. Цю вибірку складено дослідником так, що населення поділяється на відповідні категорії і здійснюється довільна вибірка з кожної такої категорії. В отриманих результатах виконувався пошук аномалій і виправлення залишкової систематичної похибки.

Подібні операції виконуються за допомогою технологій машинного навчання та дозволяють мінімізувати вплив аномалій і помилок на подальший пошук закономірностей у результатах опитування.

На основі результатів опитувань формувалися звіти (рис. 3.27–3.29). Вони давали можливість оцінити обсяг електорату, його роздробленість за віком, статтю, етнічною приналежністю і релігією. Також визначалися теми, що хвилюють виборців, та ймовірність їх участі в голосуванні.

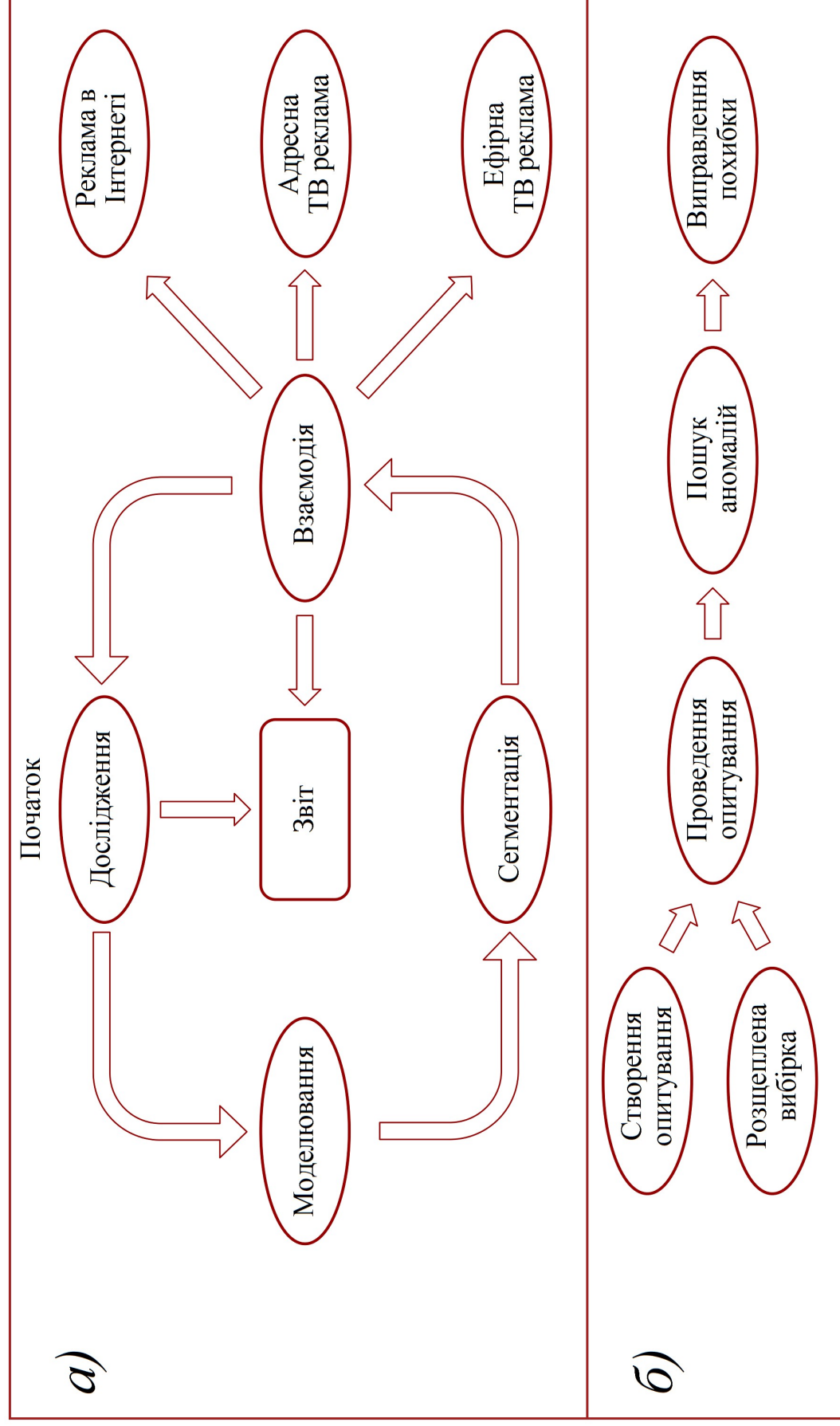


Рис. 3.26. Робота з електоратом

Подібні дослідження допомагали ще на етапі передвиборної кампанії визначати очікувану кількість голосів від кожного з штатів, а також відстежувати зміни цих значень. І, нарешті, ґрунтуючись на проведених опитуваннях, можливо було навіть розрахувати ймовірність перемоги кандидата на виборах і розробити для нього послідовність заходів, які цю ймовірність підвищать.

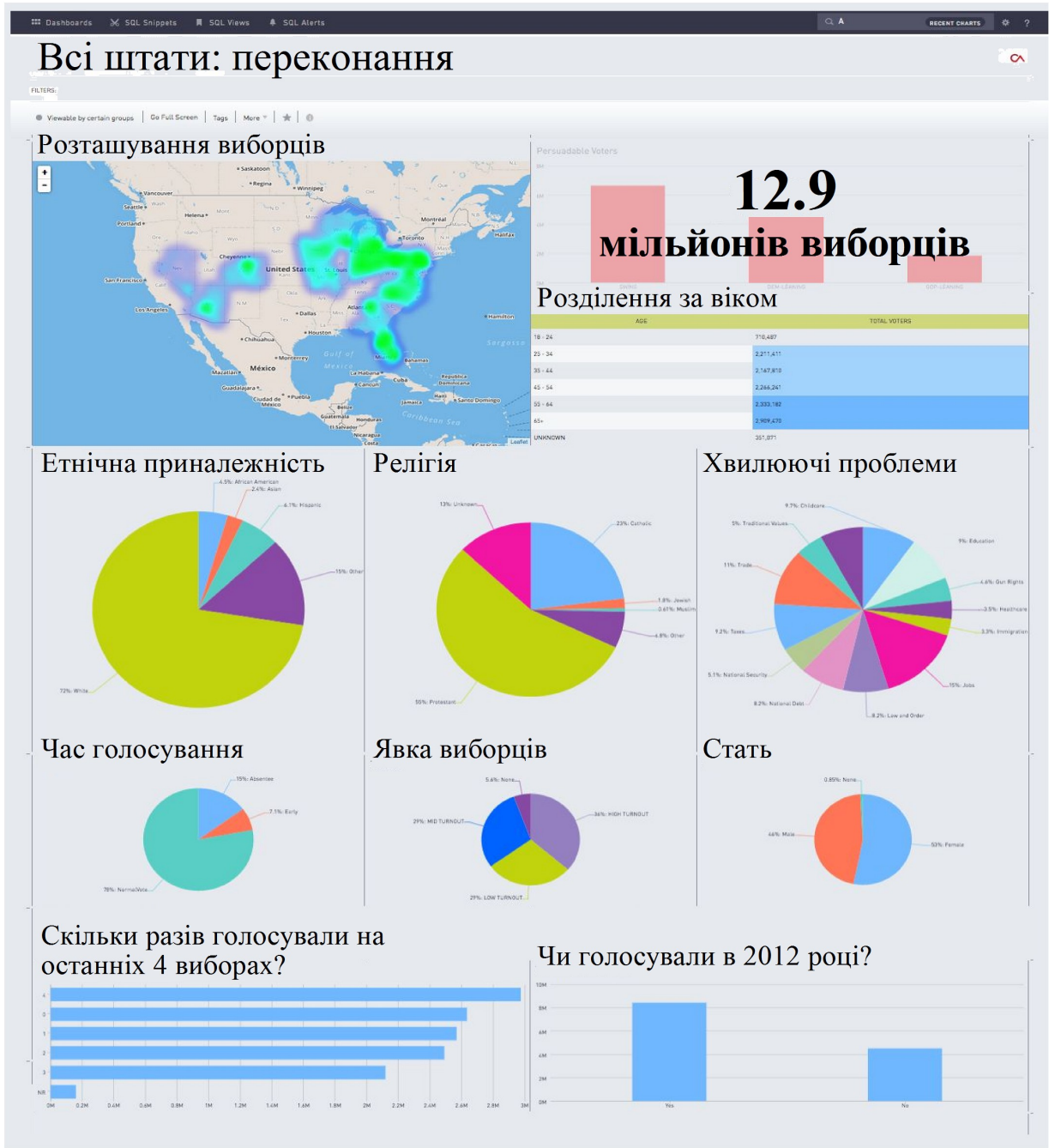


Рис. 3.27. Обсяг та роздробленість електорату

Завдяки постійному проведенню нових опитувань і досліджень, ці дані весь час оновлювалися, що дозволяло відстежувати їх у режимі реального часу.



Рис. 3.28. Голоси за штатами



Рис. 3.29. Прогнозована імовірність перемоги

Результатом проведених досліджень стало формування розділеної на 2 фази послідовності дій для досягнення перемоги (рис. 3.30). Наприклад, для фази № 2 було сформовано перелік проблем, що найбільше хвилюють виборців, серед яких – право зберігати і носити зброю, імміграція та національна безпека.

Фаза № 1
(червень—липень)
· Модель пожертвувань Трампа

Фаза № 2
(серпень—листопад)
· Перевага Дональда Трампа*
· Перевага Хіллари Клінтон*
· Перевага Гері Джонсона**
· Перевага Джилл Стайн
· Явка
· Незареєстровані прихильності і явки

Фаза № 2 – Проблеми**
(серпень—листопад)

- Право на зберігання і носіння зброї
- Охорона здоров'я
- Торгівля
- Заробітня плата
- Національний борг
- Імміграція
- Освіта
- Рівень злочинності
- Національна безпека
- Турбота про дітей

* Оновлюється щотижня

** Оновлюється кожні 2-3 тижні

Рис. 3.30. Фази передвиборної кампанії Дональда Трампа

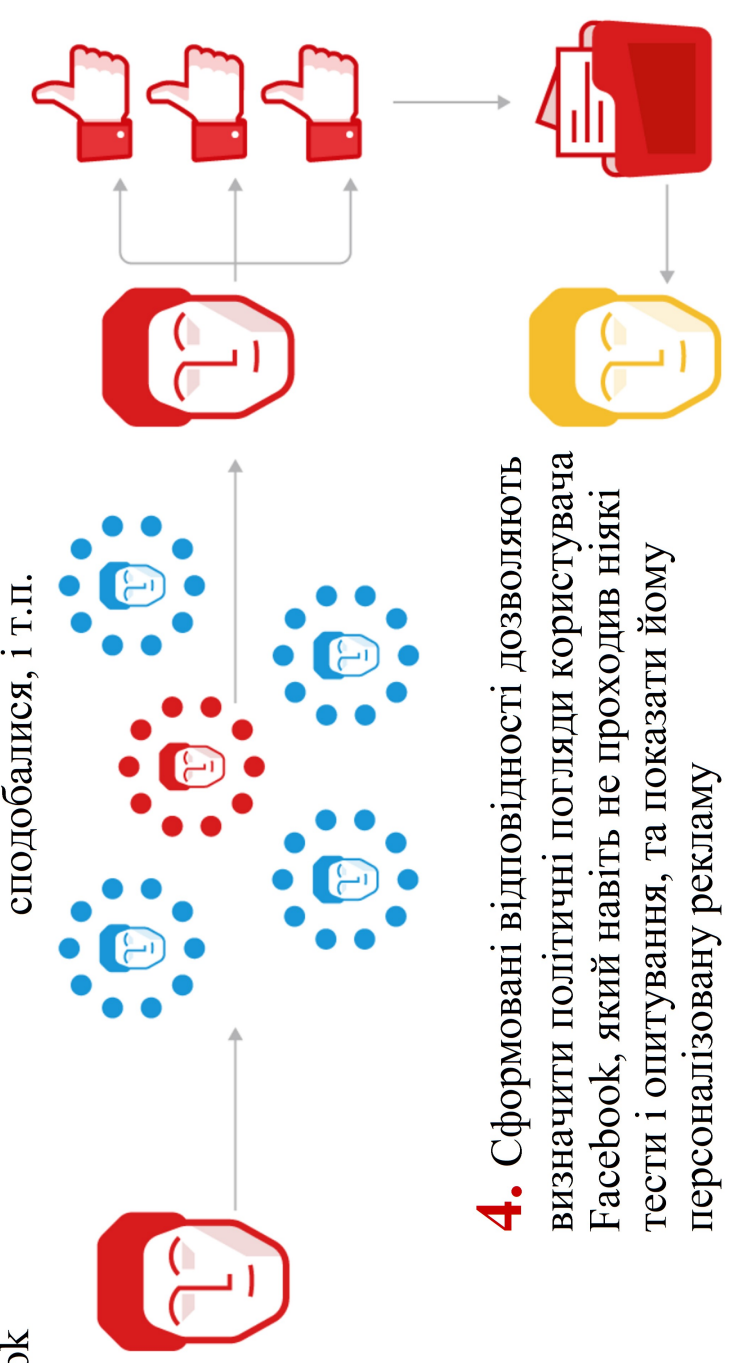
Створення реклами на основі результатів досліджень також вимагало особливого підходу. При вирішенні подібних завдань, як і у випадку з таргетованою рекламою автомобіля, застосовується виявлення домінуючих рис характеру людини за моделлю «Велика п'ятірка».

Також існують і інші дані, крім рис характеру, які можна з'ясувати за допомогою аналізу дій осіб в Інтернеті. Психолог і фахівець із дослідження даних Міхал Козинський у 2012 р. довів, що ґрунтуючись на 68-ми записах у соціальних мережах, які сподобалися середньостатистичному користувачеві, можна з точністю 95 % визначити колір його шкіри, а з точністю 85 % – прихильність до Республіканської або Демократичної партії США.

Для роботи алгоритмів, здатних робити подібні висновки, необхідно зібрати «опорний» набір даних, в якому були б приклади відповідностей активності користувача в Інтернеті з його політичними поглядами і т.п. Розглянемо спосіб збору таких даних за допомогою платних опитувань в соціальних мережах (рис. 3.31).

Користувачам Інтернету пропонувалося за \$2–5 пройти опитування про їх політичні вподобання, вказавши при цьому адресу своєї сторінки на Facebook.

- 1.** 32 000 американських виборців отримали по \$2–5 за проходження опитувань про політичні уподобання, вказуючи адреси своїх сторінок на Facebook
- 2.** З зазначених сторінок, а також зі сторінок, які перебували у них в друзях, були зібрані персональні дані, інформація про записи, що їм сподобалися, і т.п.
- 3.** Встановлено відповідності між відповідями про політичні погляди та інформацією зі сторінок на Facebook



- 4.** Сформовані відповідності дозволяють визначити політичні погляди користувача Facebook, який навіть не проходив ніякі тести і опитування, та показати йому персоналізовану рекламу

Рис. 3.31. Збір даних про політичні уподобання користувача Facebook за допомогою платних опитувань

Таким способом було опитано близько 32 000 американських виборців. Крім отриманих відповідей, із зазначених сторінок збиралася інформація про їх власників і навіть їх друзів, зокрема те, які записи їм сподобалися. Після цього відповіді на запитання про політичні вподобання порівнювалися з діями на Facebook, що дозволило скласти набір відповідностей між тим, які записи подобаються людині і, наприклад, тим, яку партію вона підтримує і які закони схвалює. Надалі, користуючись цими відповідностями, можна було отримати інформацію про політичні уподобання вже будь-якого користувача Facebook, який навіть не проходив ніякі опитування, засновуючись тільки на інформації з його сторінки.

На основі цих та інших даних виборців сортували за двома показниками: рівнем підтримки кандидата, якому вони віддавали перевагу, і ймовірністю явки на вибори (рис. 3.32).



Рис. 3.32. Групування виборців за рівнем підтримки певного кандидата і ймовірністю явки на вибори

Наприклад, виборці, які активно підтримують Дональда Трампа і з високою ймовірністю прийдуть на вибори, вважаються його електоральним ядром. Вони вже чітко визначилися з вибором і швидше за все прийдуть на голосування, тому немає необхідності випускати орієнтовану на них рекламу.

Однак для роз'єднаних прихильників Трампа, які підтримують його, але ще не визначилися, чи будуть вони голосувати, необхідно випускати рекламу, яка буде мотивувати їх відвідати виборчі дільниці.

Крім того, необхідно було випускати також рекламу, орієнтовану на тих прихильників Хіллари Клінтон, які сумніваються, тобто демонструють невисокий рівень підтримки. Така реклама повинна була переконати їх голосувати за Дональда Трампа.

За таким принципом у день голосування була розміщена реклама на YouTube, зміст якої залежав від кандидата, якого користувач імовірно підтримував.

Якщо користувач з високою ймовірністю підтримував Дональда Трампа, йому показувалося тріумфальне рекламне оголошення, що закликала йти на голосування (рис. 3.33, а). Якщо ж передбачалося, що користувач не визначився з кандидатом або підтримує Хіллари Клінтон, йому демонструвалася реклама з прихильниками Дональда Трампа, які викликають довіру, що мала переконати людину проголосувати за цього кандидата (рис. 3.33, б).

Припущення про те, якого кандидата підтримує користувач, будувалися, зокрема, за даними про його місцезнаходження. Якщо проведені раніше опитування показували значний рівень підтримки певного кандидата в цьому регіоні, то і користувач з високою ймовірністю був прихильником цього кандидата.

В рамках цієї передвиборної кампанії реклама також розміщувалася в результатах пошуку Google (рис. 3.34). Подібна реклама з'являється разом із результатами пошуку за певним запитом і, перебуваючи вище звичайних результатів, привертає до себе основну увагу. Крім того, недосвідчений користувач не завжди зможе відрізнити цю рекламу від звичайного результату пошукового запиту, тому не буде відчувати до неї недовіри.

Наприклад, за запитом «Трамп війна в Іраку» користувач бачив посилання на статтю, в якій йшла мова про те, що його суперниця Хіллари Клінтон підтримувала цю війну, а сам Дональд Трамп – ні. Реклама за запитом «Хіллари торгівля» з негативного боку висвітлювала позицію Хіллари Клінтон щодо торговельної угоди NAFTA. А у відповідь на запит «Трамп економічний план» видавалося рекламне посилання на опис економічної програми кандидата в президенти.

a)

Today, Nov. 8th
Everything Changes

Today is one of the most important and historic elections in our nation's history. Today is your chance to be heard. Your chance to make a better America – a brighter America – for everyone. Get up. Get out. **VOTE.**

Find Your Local Polling Place:
eg. 390 Valencia St. San Francisco, CA 94103

Search & Expand







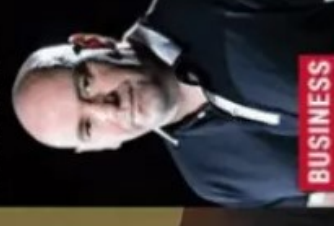
Close Ad X

b)

Today, Nov. 8th
Everything Changes

Get to know Donald Trump from some of his closest supporters.

Learn More >

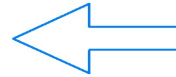
 Ivanka Trump Businesswoman	 Willie Robertson Duck Dynasty	 David Clarke Sheriff	 Marcus Luttrell Retired Navy Seal	 Dana White President, UFC
STRENGTH	MIDDLE CLASS	JUSTICE	MILITARY	BUSINESS

Close Ad X

Рис. 3.33. Реклама для прихильників Трампа (a) та для прихильників Клінтон (б)

Запит: «Трамп війна в Іраку»

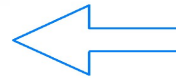
Hillary Voted For The Iraq War - Donald Trump Opposed It
Ad www.donaldjtrump.com/Iraq
Crooked Hillary voted for the war in Iraq as a New York Senator. Bad Judgment!



Керування
першим
враженням

Запит: «Хілларі торгівля»

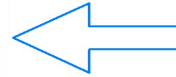
Hillary Clinton Supports NAFTA - She Will Ship Jobs Overseas
Ad www.lyingcrookedhillary.com
Hillary Clinton's Trade Deals Destroy American Jobs. No More Bad Deals.



Негативне
освітлення
позиції Хілларі

Запит: «Трамп економічний план»

Donald Trump For President - See His Full Economic Plan
Ad www.donaldjtrump.com/Economy
Donald Trump will fix America's rigged economy. See the full plan here.



Перенаправлення
користувача
на відповідну
сторінку

Рис. 3.34. Реклама передвиборної кампанії Дональда Трампа в результатах пошуку Google

Розміщення націленої на певну аудиторію реклами можливе не тільки в Інтернеті. Ряд американських телевізійних компаній надають послугу так званої «адресної реклами». Ця технологія працює таким чином, що люди бачать різні рекламні відео залежно від того, за якою адресою вони проживають (рис. 3.35).

Оцінити ефективність рекламної кампанії, виконаної з урахуванням результатів аналізу великих даних, можна на прикладі опублікованої статистики за одним з агітаційних роликів Дональда Трампа (рис. 3.36).

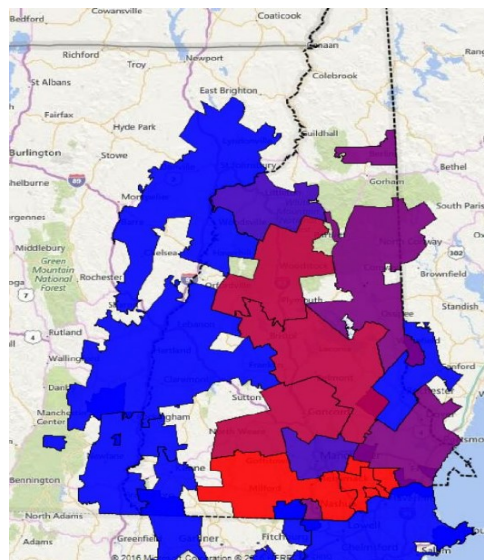


Рис. 3.35. Розбиття штату Нью-Гемпшир на регіони для показу в них різної адресної телевізійної реклами

Розглянутий ролик переглянули 147 900 виборців, серед яких було відзначено зростання схвалення передвиборної кампанії

Дональда Трампа і підвищення бажання голосувати за нього на виборах. Також на 18,1 % зросла кількість пов'язаних пошукових запитів, що свідчить про значне підвищення інтересу аудиторії до освітлених у ролику тем після його перегляду.



Рис. 3.36. Статистика та ефективність одного з агітаційних роликів Дональда Трампа

Також був опублікований звіт про результати роботи за рядом напрямів протягом 5-ти місяців передвиборної кампанії (рис. 3.37).

Ефективна реклама дозволила, зокрема, зібрати 26,5 мільйонів доларів пожертвувань, а також 950 000 адрес електронних пошт, які надалі можливо використовувати для агітації.

Крім того, була проведена серйозна робота з підвищення явки на голосування, що принесло Дональду Трампу додатковий електорат.

Використання Дональдом Трампом аналізу великих даних для перемоги на виборах було широко висвітлено великими американськими ЗМІ (рис. 3.38), що свідчить про визнання ними і всією громадськістю значущості цієї технології.

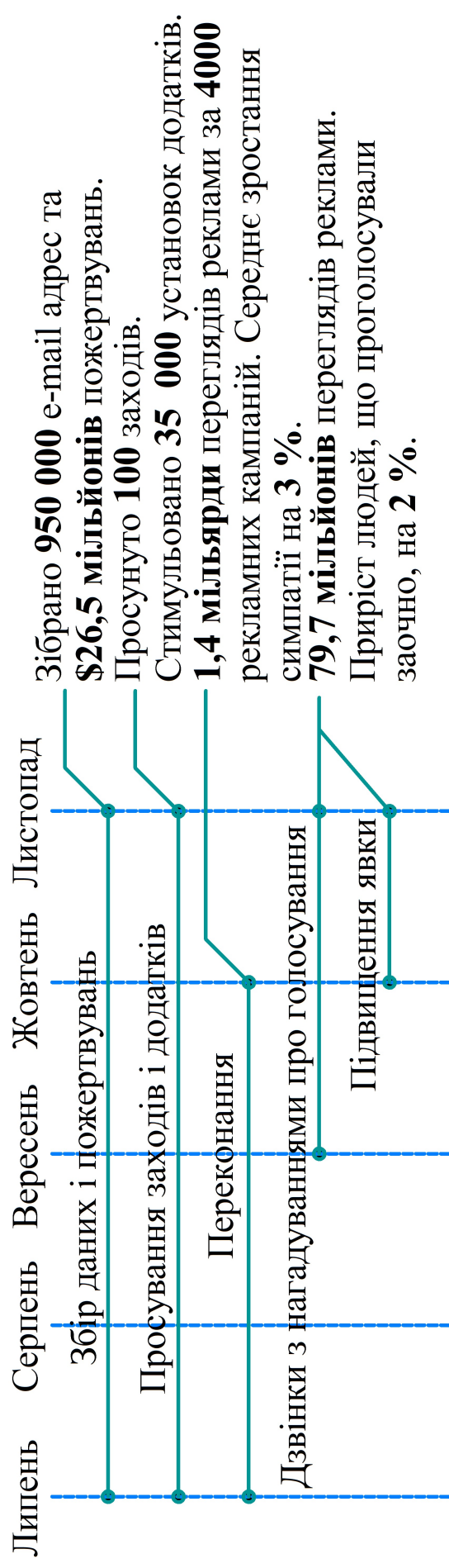


Рис. 3.37. Звіт про результати роботи за різними напрямками протягом передвиборної кампанії Дональда Трампа

Також існують думки, що кампанія, яка працювала з Дональдом Трампом, займалася ще й агітацією в рамках референдуму про вихід Великобританії зі складу Європейського Союзу, а також впливала на вибори в кількох інших країнах, працюючи над передвиборними кампаніями місцевих кандидатів.

Безсумнівно, вибори і референдуми є складним механізмом, а їх результат визначається відразу безліччю найрізноманітніших факторів. Однак уже зараз є всі передумови до того, що аналіз великих даних у розвинених країнах незабаром стане такою ж обов'язковою частиною передвиборної кампанії, як і звичайна реклама на телебаченні або білбордах.

Багато експертів, у тому числі представники українського уряду, вважали перемогу Дональда Трампа настільки мало-ймовірною, що виявляли відверту симпатію до його суперниці Хілларі Клінтон. Однак вони розглядали вибори через призму застарілих уявлень, недооцінюючи можливості сучасних технологій, в тому числі великих даних. Щоб не допускати дипломатичних казусів, необхідно або утримуватися від демонстративної підтримки кандидатів на високі пости інших країн, або розвивати на державному рівні компетенцію, яка б дозволила прогнозувати результати голосувань і використовувати їх у власних інтересах.

Крім того, розуміння принципів роботи великих даних і, зокрема, таргетованої реклами корисне для всіх громадян країни. Маючи навіть базове уявлення про ці технології, вони вже не будуть повністю довіряти будь-якій, в тому числі політичній рекламі, розуміючи, що ними можуть маніпулювати, ґрунтуючись на їх персональних даних, отриманих з Інтернету.

3.4. Машинне навчання (Machine Learning)

3.4.1. Загальні поняття

Обов'язковою умовою Четвертої промислової революції є достатній рівень розвитку технологій, на яких ґрунтуються її напрями. Однією з найважливіших таких технологій є штучний інтелект. Він використовується для керування автономними роботами, аналізу великих даних та моделювання. Технологія доповненої реальності має розпізнавати середовище навколо

користувача, аби доповнювати його віртуальними об'єктами, а це завдання, як і інші завдання комп'ютерного зору, можна вирішити за допомогою штучного інтелекту. Крім того, електронні пристрої та розумна побутова техніка, що є частиною інтернету речей, повинні вивчати смаки та звички свого власника, аналізувати його активність і т.п., а такі функції теж можливо реалізувати за допомогою штучного інтелекту.

Для кращого розуміння штучного інтелекту слід розглянути його розвиток з моменту появи (рис. 3.39).



Рис. 3.39. Розвиток штучного інтелекту

Штучний інтелект з'явився у 1950-х роках і прикув до себе великий інтерес. Тоді мова йшла скоріше про обчислювальні машини взагалі. Ще на етапі зароджування електронно обчислювальних машин стає зрозуміло, що вони в перспективі зможуть виконувати ті самі функції, що і людина. Наприклад, велися активні розробки програм, які б вміли грати в шашки та шахи. Вже у 1980-х набуває популярності **машинне навчання** – клас методів штучного інтелекту, характерною рисою яких є не пряме рішення завдання, а навчання в процесі застосування рішень багатьох схожих одна на одну задач. Таким чином, на цьому етапі штучний інтелект вже включає в себе особливі методи та алгоритми, що відрізняють його

від інших напрямів інформаційних технологій. Приклад застосування машинного навчання – автоматичне видалення небажаних електронних листів. У наш час активно розвивається **глибинне навчання** – напрям машинного навчання, який полягає у спробі імітувати роботу мозку живих істот, у тому числі людини, і взаємодію нейронів у ньому, що дозволяє виконувати більш абстрактні завдання.

Слід розуміти, що навіть сучасні суперкомп'ютери далекі від того, щоб опрацьовувати штучні нейронні мережі, які можна було б порівняти з мозком людини (рис. 3.40). Однак це не є їх суттєвою вадою. Як зір певних тварин значно кращий за зір людини, так само і штучний інтелект вже зараз здатен перевершити людину у певних вузькоспеціалізованих завданнях.

Поточний стан штучного інтелекту



Рис. 3.40. Порівняння живих істот та обчислювальної техніки за кількістю нейронів

У цьому розділі ми розглянемо машинне навчання, включаючи глибинне навчання, оскільки саме ці методи штучного інтелекту найбільш активно розвиваються та яскраво його характеризують.

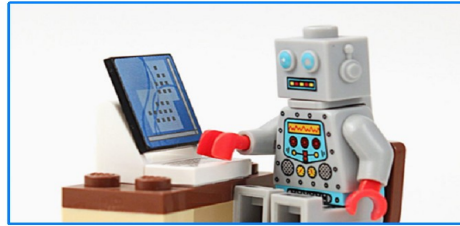
Як уже було зазначено раніше, ключовою особливістю машинного навчання є те, що програма формує і вдосконалює алгоритм своєї роботи шляхом розв'язання великої кількості однотипних задач. Тобто, якщо алгоритм класичної комп'ютерної програми задається її розробником у вигляді вихідного коду, то програма, заснована на машинному навчанні, сама знаходить найкращий алгоритм шляхом аналізу наборів прикладів (рис. 3.41).

Звичайна програма



Розробник пише
алгоритм у вигляді
вихідного коду

Машинне навчання



Програма знаходить
алгоритм, аналізуючи
приклади

Рис. 3.41. Різниця між звичайними програмами і тими, що засновані на машинному навчанні

Потрібно визначити, для чого це потрібно і чому ми не можемо завжди використовувати класичний підхід до розробки програмного забезпечення, тобто установлювати алгоритм його роботи відразу у вихідному коді. У сучасному світі машинне навчання покликане вирішувати такі проблеми:

- робота з незліченно великими обсягами даних. Наприклад, з усіма словами певної мови;
- розв’язання задач, для яких не існує чіткого алгоритму, таких як імітація роботи людського мозку, який ще не вивчено до кінця.

Якщо намагатися вирішити такі проблеми за допомогою алгоритмів, що жорстко задані у вихідному коді програми, така програма буде занадто складною як для розробки, так і для виконання навіть дуже потужним комп’ютером. Саме в таких ситуаціях і необхідні методи машинного навчання. Розглянемо приклад завдання, яке зручно вирішувати саме за допомогою машинного навчання. Припустимо, нам необхідно визначити, яке рекламне оголошення слід відобразити на сайті, щоб користувач з більшою імовірністю натиснув на нього (рис. 3.42).

При розгляді цієї задачі ми будемо користуватися таким поняттям, як CTR. У загальному розумінні, CTR (англ. Click-Through Rate, «рейтинг кліків») – це коефіцієнт кліків (натиснень) на певне оголошення в Інтернеті, який вираховується за формулою:

$$CTR = \frac{\text{Кількість натиснень на оголошення}}{\text{Кількість переглядів оголошення}} \times 100 \%$$



Рис. 3.42. Задача вибору рекламного оголошення для користувача веб-сайту

Для того щоб вирахувати цей коефіцієнт для конкретного користувача та конкретного оголошення, доцільно скористатися саме машинним навчанням. Розглянемо, як саме працюють алгоритми, засновані на машинному навчанні (рис. 3.43).

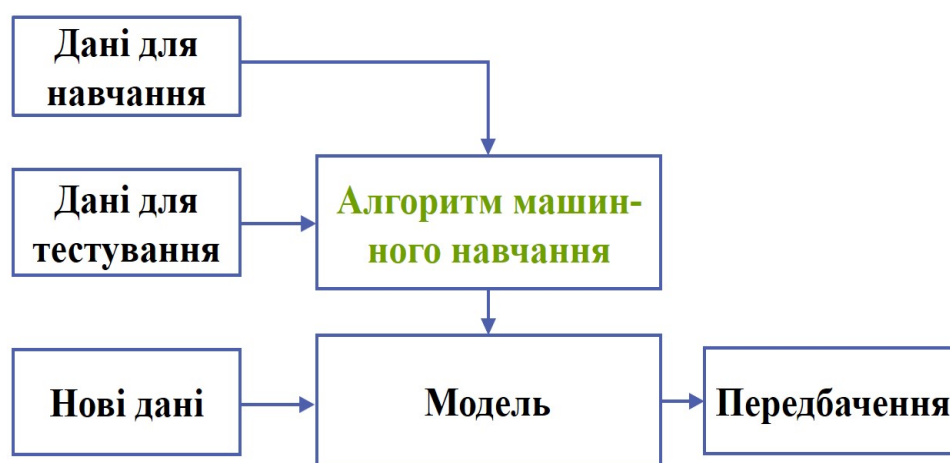


Рис. 3.43. Процес навчання алгоритму

Спочатку алгоритм отримує набір даних для навчання. Після цього можна використати інший набір даних, щоб протестувати результати цього навчання. Після успішного навчання отримується так звана модель, за допомогою якої алгоритм може робити передбачення на основі нових даних (тобто тих, що не брали участі в його навчанні та тестуванні).

За подібною схемою можна організувати навчання алгоритму, що буде розв'язувати задачу про вибір рекламного оголошення для користувача (рис. 3.44).

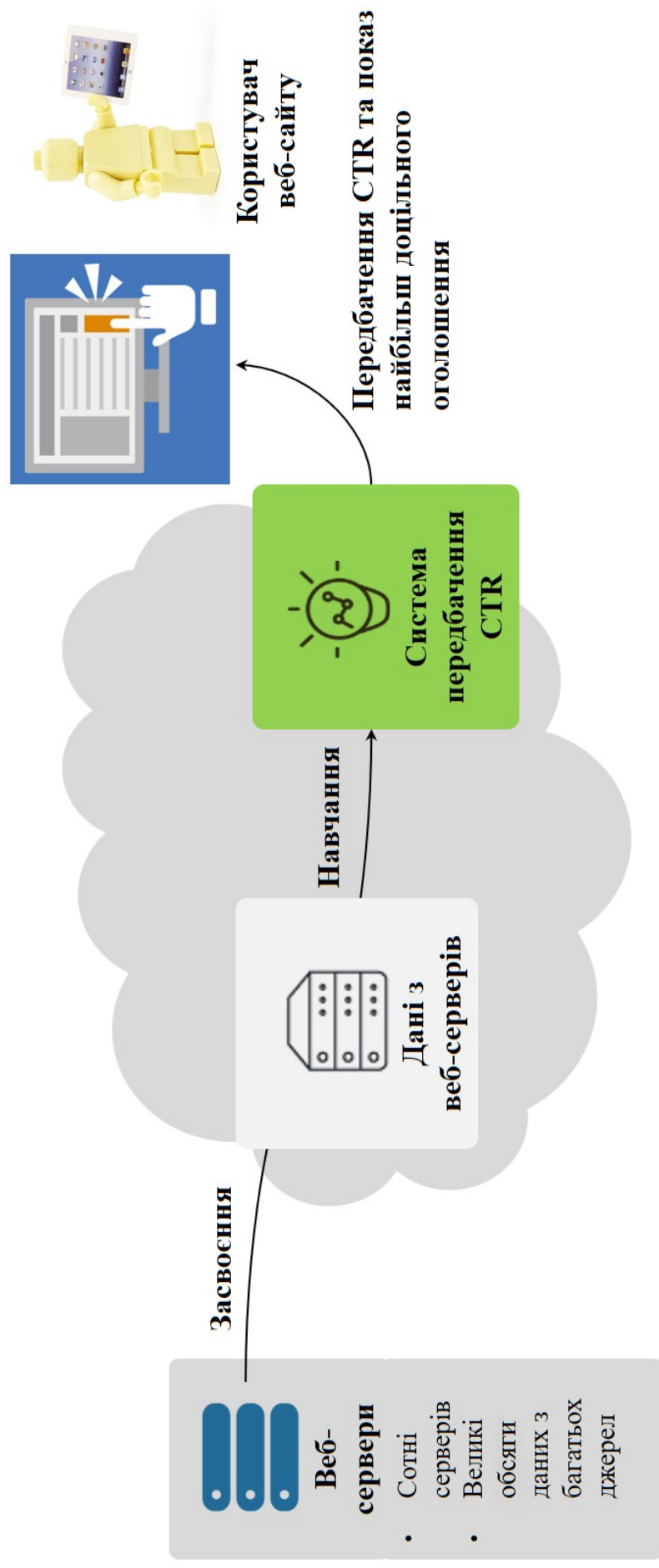


Рис. 3.44. Задача вибору рекламного оголошення для користувача веб-сайту

Програма буде використовувати для навчання дані з веб-серверів (IP-адреси різних користувачів, демографічну інформацію про них тощо) і на їх основі передбачатиме CTR.

3.4.2. Типи машинного навчання

Існують два типи машинного навчання: з учителем та без учителя.

Для навчання з учителем характерні такі ознаки:

- програмі надаються для навчання як вхідні дані, так і результати, що їм відповідають;
- задача програми – навчитися пов'язувати нові вхідні дані з передбачуваними результатами.

Наприклад, як дані для навчання надаються характеристики певних будинків, а також ціни на них. У цьому випадку характеристики є вхідними даними, а ціни – відповідним результатом, врахуванню якого на основі нових вхідних даних ми бажаємо навчити програму. Після засвоєння цих даних алгоритм повинен сам вміти визначати вартість будинку лише за його характеристиками.

На відміну від навчання з учителем, навчання без учителя має такі ознаки:

- надаються зразки лише вхідних даних;
- не надається точного визначення очікуваного результату;
- алгоритм намагається виявити внутрішню структуру даних, базуючись на попередніх відомостях про бажаний результат.

Прикладом навчання без учителя є завдання алгоритму знайти найкращий спосіб групування транзакцій клієнтів за схожістю цих клієнтів. Тобто як вхідні дані надаються самі транзакції (грошові перекази тощо), а критерії для їх об'єднання у групи програма має знайти самостійно.

3.4.3. Класифікація завдань та алгоритмів

Не зважаючи на високу різноманітність завдань, які можна вирішувати за допомогою машинного навчання, їх можна згрупувати за певними спільними ознаками. Подібні групи називають проблемами. Виділяють чотири види проблем, з якими

прийнято працювати за допомогою машинного навчання: виявлення аномалій, регресія, класифікація та кластеризація. Розглянемо детальніше кожен з цих проблем.

Проблема **виявлення аномалій** має такі основні ознаки:

- пошук даних, що не відповідають очікуваному шаблону;
- можливість реалізувати навчанням як з учителем, так і без нього.

Прикладами цієї проблеми є пошук шахрайських транзакцій (таких як відмивання грошей через банківські рахунки) або ненормальної поведінки клієнтів та виявлення деталей на виробництві, які найближчим часом можуть вийти з ладу.

Регресію можна відрізнити за такими характеристиками:

- передбачення змін значення, пов'язаного з певним об'єктом (отримується не одне значення, а його зміни протягом певного часу);
- реалізується навчанням з учителем.

Прикладами регресії є такі задачі, як передбачення цін на акції, оцінка заявки клієнта на отримання кредиту, базуючись на його кредитній історії, та передбачення попиту на певний продукт.

Для наступної проблеми – **класифікації** – характерні такі риси:

- розподілення об'єктів за категоріями;
- реалізація навчанням з учителем.

Класифікацією є такі завдання машинного навчання: виявлення шахрайських грошових операцій, фільтрація електронних листів, що належать до спаму (небажаної реклами), категоризація статей за їх темами, розпізнавання об'єктів на зображеннях.

І, нарешті, розглянемо ознаки **кластеризації**:

- групування схожих об'єктів у кластери (групи);
- реалізація навчанням без учителя.

До кластеризації можна віднести такі приклади: пошук аудиторії для таргетованої реклами в соціальних мережах, перевірка даних, що згруповані за геолокацією (місцезнаходженням), пошук поширених тем у корпоративній базі знань. Тобто кластеризація схожа на класифікацію, але оскільки вона

реалізується навчанням без вчителя, алгоритм машинного навчання сам визначає ознаки, за якими певні об'єкти потрібно об'єднувати в групи.

Розглянувши види проблем машинного навчання, виникає запитання, як обрати алгоритм для вирішення кожної з описаних проблем? Для цього алгоритми розділяються на сім'ї і встановлюються відповідності між цими сім'ями та проблемами машинного навчання (рис. 3.45).

Слід розуміти, що на практиці не завжди будь-який алгоритм з певної сім'ї можна використати для вирішення відповідної проблеми, але приведена схема все ж дозволяє скласти загальне уявлення про них.

Як бачимо з рисунку, одну проблему можна вирішити одразу кількома сім'ями алгоритмів. Наприклад, задачі, що належать до регресії, можна вирішити за допомогою таких сімей:

- методи опорних векторів;
- дерева прийняття рішень;
- навчання на прикладах;
- узагальнені лінійні моделі;
- штучні нейронні мережі.

Крім того, до кожної з таких сімей входить багато різних алгоритмів. Так, до дерев прийняття рішень належать такі алгоритми:

- класифікаційне/регресивне дерево прийняття рішень;
- random forest («випадковий ліс»);
- isolation forest («ізоляційний ліс»).

Разом із факторами, специфічними для кожного випадку використання машинного навчання (наприклад, обсяги даних, з якими необхідно працювати в межах конкретної задачі), таке різноманіття алгоритмів робить їх правильний вибір окремим серйозним завданням для розробників програмного забезпечення.

Далі ми розглянемо деякі критерії вибору конкретної сім'ї та конкретного алгоритму з усіх доступних. На практиці зазвичай обирають декілька алгоритмів та проводять тестування з метою виявити, який з них найкраще підходить для задачі, яку потрібно вирішити.

Кожна сім'я оцінюється за такими характеристиками:

- **підтримка великих даних** – масштабованість та можливість корегування новими даними;
- **підтримка дрібних даних** – вміння вчитися на невеликій кількості прикладів;
- **підтримка незбалансованих даних** – здатність відрізняти рідкісні події;

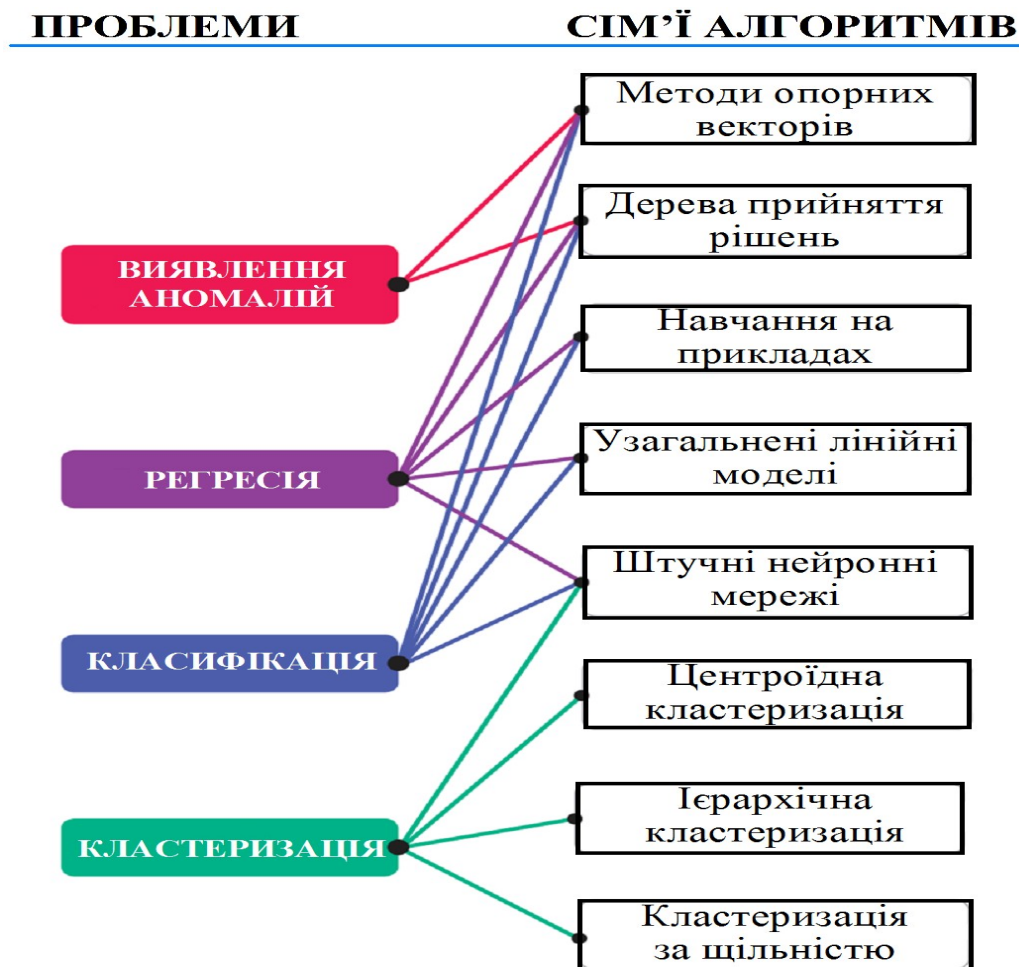


Рис. 3.45. Відповідності між проблемами, сім'ями алгоритмів та алгоритмами

- **інтерпретація результатів** – доступність результатів для розуміння людиною;
- **навчання у реальному часі** – здатність постійно навчатися за новими даними;
- **простота використання** – кількість параметрів для ручного налаштування.

У свою чергу для оцінки самих алгоритмів використовуються такі критерії:

- **точність** – здатність вирішувати складні завдання;
- **швидкість навчання** – швидкість виконання навчальної програми;
- **швидкість прогнозування** – продуктивність виконання в режимі реального часу;
- **стійкість до переповнення** – здатність адаптуватися до великих обсягів нових даних, що постійно надходять;
- **інтерпретація у вигляді імовірності** – результати повертаються як імовірності.

Таким чином, обираючи сім'ю алгоритмів або окремих алгоритмів, слід визначитися з найбільш важливими критеріями та зупинитися на тому варіанті, в якому ці критерії присутні найбільшою мірою.

Зазначимо, що не завжди вдається знайти алгоритм, який буде найкращим за всіма параметрами. Наприклад, метод k-найближчих сусідів має високу точність передбачення, але низьку швидкість роботи (табл. 3.2). Тому розробникам програмного забезпечення слід детально розглядати усі варіанти, перш ніж обрати якийсь алгоритм для вирішення певного завдання.

3.4.4. Сфери використання машинного навчання

Метою машинного навчання є часткова або повна автоматизація вирішення складних професійних завдань у найрізноманітніших сферах людської діяльності. В цьому розділі вже наведено варіанти використання машинного навчання, але сфера його застосування дуже широка, тому розглянемо ще декілька прикладів, які супроводжуються описами вхідних даних, що надаються алгоритму, та результату, який цей алгоритм повертає (табл. 3.3). Крім того, ми постійно зустрічаємося з машинним навчанням і у реальному житті. Це, зокрема, персональні голосові асистенти, такі як Google Асистент, Siri від Apple, Amazon Alexa, Microsoft Cortana та інші, що працюють на комп'ютерах, смартфонах, телевізорах, розумних годинниках та колонках.

Таблиця 3.2 – Порівняння різних алгоритмів машинного навчання

Назва алгоритму	Час навчання (с)	Час передбачення (с)	Час налаштування (с)	Початкова точність	Підсумкова точність
Random Forest	2,61	0,47	94,44	81,61 %	83,05 %
Метод k-найближчих сусідів	0,41	44,29	84,27	80,57 %	83,05 %
Логістична регресія	0,12	0,05	45,94	82,93 %	82,93 %
Багатошаровий перцептрон	0,80	0,08	164,04	66,25 %	82,90 %
Метод опорних векторів	177,78	54,87	973,73	82,83 %	82,83 %
Лінійний метод опорних векторів	5,93	0,04	82,91	82,69 %	82,69 %
Дерево прийняття рішень	0,03	0,005	52,97	73,16 %	82,36 %
Наївний басейв класифікатор	0,02	0,01	0	78,46 %	78,46 %

Таблиця 3.3. – Використання машинного навчання

Сфера використання	Вхідні дані	Результат
Рекомендація продукту	Профіль користувача та історія купівель, конкретний продукт, контекст (наприклад, час, місцезнаходження тощо)	Імовірність того, що клієнт придбає цей продукт
Управління ризиками	Фінансові та соціальні профілі клієнтів, історія їх транзакцій	Кредитний рейтинг або розмір кредитної лінії, який мінімізує ризик
Клінічна діагностика та рентгенографія	Рентгенівські знімки та інші медичні зображення	Місцезнаходження зламаних або тріснутих кісток
Прогнозне обслуговування	Структуровані та неструктуровані моніторингові заміри (наприклад, дані з сенсорів, зображення або звукозаписи)	Імовірність того, що ця частина чи деталь вийде з ладу в найближчому майбутньому

Різнноманітні пошукові системи в Інтернеті аналізують активність користувачів, аби запропонувати пошукові запити, які можуть бути їм цікаві. Популярності набуває функція автопілота автомобілів (поки лише часткового), що теж заснована на машинному навчанні.

Сфера застосувань машинного навчання постійно розширюється. Повсюдна інформатизація призводить до накопичення величезних обсягів даних в науці, виробництві, бізнесі, транспорті, охороні здоров'я. Завдання прогнозування, управління та прийняття рішень, що виникають при цьому, часто зводяться до навчання на прецедентах. Раніше, коли таких даних не було, ці завдання або взагалі не ставилися, або вирішувалися зовсім іншими методами.

Тому можна підбити підсумок, що хоча штучний інтелект все ще не може зрівнятися з людським за універсальністю, він уже

досить успішно виконує різноманітні задачі з вузькою спеціалізацією.

3.4.5. Інструменти для роботи з машинним навчанням

На сьогоднішній день машинне навчання та штучний інтелект вже не є прерогативою лише компаній із Кремнієвої долини. Існує багато безкоштовних та функціональних інструментів, що доступні розробникам програмного забезпечення з усього світу.

Одним із найпопулярніших таких інструментів є бібліотека машинного навчання TensorFlow, розроблена Google. Крім того, на основі цієї бібліотеки Google створив хмарні сервіси, що дозволяють застосовувати машинне навчання у різних сферах (рис. 3.46).

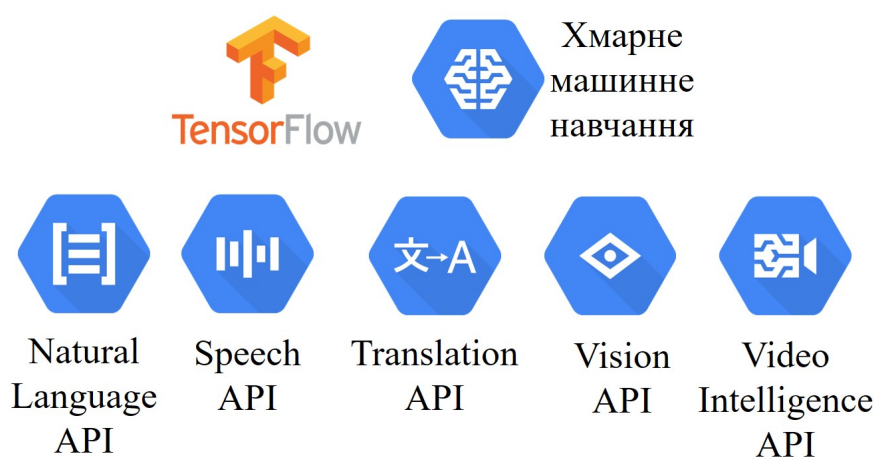


Рис. 3.46. Хмарні сервіси машинного навчання Google

До цих сервісів належать:

- Natural Language API – інструмент для розуміння комп'ютером природньої людської мови;
- Speech API – засіб для конвертації аудіозаписів у текст;
- Translation API – сервіс для перекладу з однієї мови на іншу;
- Vision API – інструмент для розпізнавання певних об'єктів на графічних зображеннях;
- Video Intelligence API – засіб, що автоматично розпізнає зміст відеозаписів, наприклад, для пошуку їх за допомогою текстових запитів.

Контрольні запитання до розділу 3

1. Назвіть мегатренди людства у ХХІ столітті.
2. У чому сутність Індустрії 4.0?
3. Які основні напрямки розвитку економіки майбутнього?
4. У чому суть захисту інформації від кібератак?
5. У чому суть віртуальної та доповненої реальності?
6. Назвіть мегатренди людства у ХХІ столітті.
7. У чому сутність Індустрії 4.0?
8. Які основні напрямки розвитку економіки майбутнього?
9. У чому суть захисту інформації від кібератак?
10. У чому суть віртуальної та доповненої реальності?
11. Назвіть три основні ознаки великих даних.
12. На які чотири проблеми поділяють задачі машинного навчання?

Список літератури до розділу 3

1. Meeuwisse R. Cybersecurity for Beginners / R.Meeuwisse // Cyber Simplicity Ltd, 2017. – 225 с.
2. Scoble R. The Fourth Transformation: How Augmented Reality & Artificial Intelligence Will Change Everything / R. Scoble; P. B. Press, 2016. – 208 с.
3. Stephens-Davidowitz S. Everybody Lies: Big Data, New Data, and What the Internet Can Tell Us About Who We Really Are / S.Stephens-Davidowitz. – Dey Street Books, 2017. – 357 с.
4. Theobald O. Machine Learning For Absolute Beginners / O. Theobald. A Plain English Introduction / O. Theobald ; S. Press, 2017. – 166 с.

ЗМІСТ

Вступ	3
1. ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧІ СИСТЕМИ.....	5
1.1. Вступ	5
1.2. Визначення поняття «інформація». Коротка історія логістики	6
1.3. Визначення понять.....	9
Контрольні запитання до підрозділів 1.1–1.3	29
1.4. Завдання логістики	30
1.5. Показники й стратегії	53
1.6. Інформаційні системи.....	80
Контрольні запитання до підрозділів 1.4–1.6	121
1.7. Система керування.....	122
1.8. Засоби забезпечення потоку інформації.....	130
Контрольні запитання до підрозділів 1.7 – 1.8	185
1.9 Приклади реалізації інформаційно-керуючих систем на кафедрі ПТМ і О НТУ «ХПІ» [5, 6, 7].....	187
1.10. Інтернет речей у логістиці (The Internet of Things)	307
Контрольні запитання до підрозділів 1.9 – 1.10	329
Список літератури до розділу 1	331
2. ПЛАНУВАННЯ В ЛОГІСТИЦІ МАТЕРІАЛЬНИХ ПОТОКІВ.....	331
2.1. Завдання планування	331
2.2. Спосіб дії при плануванні систем матеріальних потоків	333
2.3. Автоматизоване планування.....	338
2.4. Планування на основі моделювання.....	353
2.5. Експертні системи в плануванні.....	379
2.6. Стратегічне і поточне планування в логістиці.....	398
2.7. Роль логістики в управлінні процесами розробки проектів	404
2.8. Способи управління проектами: метод критичного шляху (CPM), сітковий графік (PERT)	407
2.9. Приклад логістичної системи OEM виробництва автомобілів (Volkswagen, BMW, General Motors, Vauxhall Motors) за принципом систем Just-in-Time, Just-in Sequence і Kanban.....	415
Контрольні запитання до розділу 2	427
Список літератури до розділу 2	428
3. СУЧАСНЕ І МАЙБУТНЄ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СВІТІ ГЛОБАЛЬНИХ ТЕНДЕНЦІЙ.....	429
3.1. Захист інформації від кібератак при збереженні конфіденційності.....	433
3.2. Віртуальна та доповнена реальність	439
3.3. Великі дані (Big Data).....	447
3.4. Машинне навчання (Machine Learning).....	480
Контрольні запитання до розділу 3	494

Навчальне видання

ГРИГОРОВ Отто Володимирович
АНИЩЕНКО Галина Оттівна
ПЕТРЕНКО Надія Олександрівна
СТРИЖАК Всеволод Вікторович

СТРИЖАК Мар'яна Георгіївна
ОКУНЬ Антон Олександрович
ТУРЧИН Ольга Володимирівна

ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧІ СИСТЕМИ ТА ПЛАНУВАННЯ В ЛОГІСТИЦІ МАТЕРІАЛЬНИХ ПОТОКІВ

Навчальний посібник
для студентів
спеціалізації «Інженерія логістичних систем»

Видання 2-ге, доповнене і виправлене
Роботу до видання рекомендував *проф. О. М. Шелковий*

Редактори: О.І. Шпильова, О.В. Козюк

План 2017 р., поз. 148

Підп. до друку 25.04.2019 р. Формат 60 × 84 1/16. Папір офсетний.
Riso-друк. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 28,8. Наклад 50 прим.
Зам. № . Ціна договірна

Самостійне електронне видання
